資料１０－２

情報通信審議会　情報通信技術分科会

電波利用環境委員会報告（案）

平成 26 年ｘｘ月ｘｘ日

情報通信審議会　情報通信技術分科会

電波利用環境委員会

報告　目次

Ⅰ　検討事項

電波利用環境委員会は、情報通信審議会諮問第３号「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」（昭和63年９月26日諮問）のうち、ワイヤレス電力伝送システムから放射される漏えい電波の許容値及び測定法等の技術的条件について審議を行った。

Ⅱ　委員会、作業班及びアドホックグループの構成

委員会の構成については、別表１のとおり。

なお、検討の促進を図るため、本委員会の下に作業班を設けて検討を行った。作業班の構成については、別表２のとおり。

また、作業班の検討において、ワイヤレス電力伝送システムから放射される漏えい電波の電波防護指針への適合性について特に検討を行う必要性が生じたことから、このためのアドホックグループを設けて検討を行った。アドホックグループの構成については、別表３のとおり。

Ⅲ　審議経過

1　委員会での検討

① 第11回（平成25年6月5日）

ワイヤレス電力伝送システム等に係る技術的条件に関する調査の進め方について検討を行ったほか、検討の促進を図るため、委員会の下に作業班を設置した。

② 第15回（平成26年7月29日）

ワイヤレス電力伝送作業班での報告を受け、委員会報告（案）について、検討を行った。

2　作業班での検討

① 第1回（平成25年6月25日）

作業班の運営方針について審議を行ったほか、事務局よりワイヤレス電力伝送システムの概要等についての説明を聴取した。

② 第2回（平成25年7月30日）

関連する業界団体や国際標準化機関等におけるワイヤレス電力伝送システムの検討状況について、プレゼンテーションが行われた。また、対象システムとして、電界結合システムを追加したほか、電波防護指針を前提とした適切な測定法について、アドホックグループで検討を行うことを合意した。

③　第３回（平成 25 年 10 月 30 日）

ワイヤレス電力伝送システムから発射される漏えい電波の測定モデル・測定方法についてとりまとめたほか、他の無線局との周波数共用検討の進め方について合意した。

④　第４回（平成 26 年１月 22 日）

周波数共用検討及び放射妨害波等の目標値についての審議を行ったほか、ワイヤレス電力伝送システムから発射される漏えい電波の測定データについての説明を聴取した。

⑤　第５回（平成 26 年３月 27 日）

ワイヤレス電力伝送システムと他の無線通信システムとの間の周波数共用についての検討を行った。

⑥　第６回（平成 26 年５月 28 日）

周波数共用検討の状況やワイヤレス電力伝送システムの測定方法、人体影響評価についての検討を行った。

⑦　第７回（平成 26 年６月 23 日）

ワイヤレス電力伝送システムの詳細な技術的条件等の検討を行った。

⑧　第８回（平成 26 年７月 18 日）

ワイヤレス電力伝送システムの詳細な技術的条件等の検討を行い、作業班報告の中間とりまとめを行った。

⑨　第９回（平成 26 年９月８日）

ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件等の取りまとめに向けて、追加検討事項の検討を行った。

⑩　第 10 回（平成 26 年 10 月６日）

ワイヤレス電力伝送システムの詳細な技術的条件等の検討を行い、作業班報告及び一部答申のとりまとめを行った。

3　人体防護アドホックグループでの検討

①　第１回（平成 25 年９月 13 日）

アドホックグループの検討事項及び各検討事項において確認する事項等について審議

を行った。

② 第２回（平成 25 年 11 月 8 日）

ワイヤレス電力伝送システムから放射される漏えい電波の電波防護指針への適合性評価方法において、適用が考えられる指針値及び根拠となるガイドライン等について整理を行った。

③ 第３回（平成 25 年 12 月 25 日）

測定データ等の検証結果を踏まえ、適合性評価方法について検討を行った。

④ 第４回（平成 26 年 2 月 10 日）

測定データ等の検証結果を踏まえ、適合性評価方法について検討を行った。

⑤ 第５回（平成 26 年 4 月 22 日）

適合性評価方法について、検討結果のとりまとめを行った。

情報通信審議会　情報通信技術分科会　電波利用環境委員会　構成員

（敬称略、専門委員は五十音順）

	氏　名	主　要　現　職
主　　査	多氣　昌生	首都大学東京大学院理工学研究科 教授
主査代理	安藤　真	東京工業大学大学院理工学研究科 教授
専門委員	雨宮　不二雄	ＮＴＴアドバンステクノロジ（株）EMCチーム主幹担当部長
〃	石山　和志	東北大学電気通信研究所 教授
〃	井上　正弘	（一社）KEC関西電子工業振興センター
〃	上野　照剛	東京大学 名誉教授
〃	熊田　亜紀子	東京大学 大学院工学系研究科 准教授
〃	黒田　道子	東京工科大学 名誉教授
〃	篠塚　隆	(独)情報通信研究機構 電磁波計測研究所
〃	清水　久恵	北海道科学大学 保健医療学部臨床工学科 教授
〃	白井　智之	(福)名古屋市総合リハビリテーション事業団 総合リハビリテーションセンター長
〃	田中　謙治	(一財)テレコムエンジニアリングセンター 事務局長
〃	塚原　仁	日産自動車（株）　電子信頼性グループ主査
〃	徳田　正満	東京大学 大学院新領域創成科学研究科 客員共同研究員
〃	野島　俊雄	北海道大学 大学院情報科学研究科 特任教授
〃	長谷山　美紀	北海道大学 大学院情報科学研究科 教授
〃	林　亮司	三菱電機（株）情報技術総合研究所 光マイクロ波回路技術部専任
〃	福永　香	(独)情報通信研究機構 電磁波計測研究所 研究マネージャー
〃	堀　和行	ソニー(株) 生産・物流・調達・品質/環境プラットフォーム品質/環境センター プロダクトコンプライアンス部 規制調査課 プロダクトコンプライアンスマネージャー
〃	山下　洋治	（一財）電気安全環境研究所 EMC試験センターグループマネージャー
〃	増田　悦子	（社）全国消費生活相談員協会 専務理事
〃	渡邊　聡一	(独)情報通信研究機構 電磁波計測研究所 研究マネージャー

（計 22 名）

別表２

ワイヤレス電力伝送作業班　構成員

（敬称略、構成員は五十音順）

		主　要　現　職
主　　任	福地　一	首都大学東京 システムデザイン学部 航空宇宙システム工学コース 教授
主任代理	雨宮　不二雄	NTT アドバンステクノロジ（株）ネットワークシステム事業本部 システム開発ビジネスユニット EMC チーム（CISPR I 作業班主任）
構 成 員	石田　和人	クアルコムジャパン 標準化部長
〃	井上　正弘	（一社）KEC 関西電子工業振興センター（CISPR B 作業班主任）
〃	今井　正道	（一社） 情報通信ネットワーク産業協会 常務理事
〃	長部　邦広	（一財）VCCI 協会 技術顧問
〃	川﨑　邦弘	（公財）鉄道総合技術研究所　信号・情報技術研究部 ネットワーク・通信研究室長
〃	工藤　均	パナソニック(株) 技術本部 R&D 企画室 コラボレーション企画・推進グループ 参事
〃	久保田　文人	（一財）テレコムエンジニアリングセンター 松戸試験所 統括部長
〃	佐々木　邦彦	（株）デンソー　研究開発３部 標準化担当次長
〃	篠塚　隆	（独）情報通信研究機構 電磁波計測研究所 電磁環境研究室（CISPR A 作業班主任）
〃	庄木　裕樹	ブロードバンドワイヤレスフォーラム（BWF）ワイヤレス電力伝送 WG リーダ（(株) 東芝 研究開発センター ワイヤレスシステムラボラトリー 研究主幹）
〃	高井　正興	（一社）日本アマチュア無線連盟電磁環境委員会委員長
〃	塚原　仁	日産自動車（株）電子・電動要素開発本部　電子システム開発部　電子信頼性グループ主査（CISPR D 作業班主任）
〃	徳田　正満	東京大学大学院 新領域創成科学研究科　先端エネルギー工学専攻　大崎研究室　客員共同研究員（CISPR H 作業班主任）
〃	中村　公亮	海上保安庁 総務部 情報通信課長
〃	平田　晃正	名古屋工業大学大学院 工学研究科 情報工学専攻 准教授
〃	藤野　義之	東洋大学 理工学部 電気電子情報工学科 教授
〃	堀　和行	（一社）電子情報技術産業協会 EMC 委員会委員（ソニー㈱ 生産・物流・調達・品質/環境プラットフォーム品質/環境センター プロダクトコンプライアンス部 規制調査課　プロダクトコンプライアンスマネージャー）
〃	堀　洋一	東京大学 新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻 教授
〃	松井　房樹	（一社）電波産業会 常務理事
〃	松本　純	日本放送協会 技術局 計画部 副部長
〃	松本　泰	（独）情報通信研究機構 電磁波計測研究所 電磁環境研究室 室長
〃	三浦　洋	（一社）日本民間放送連盟（ニッポン放送 技術局長）
〃	南方　真人	トヨタ自動車(株) 技術統括部 主幹

〃	むらの　きみとし 村野　公俊	東海大学 工学部 電気電子工学科 准教授
〃	やすおか　ただし 八宗岡　正	（一社）日本時計協会（シチズン時計（株）技術開発本部 時計開発部 担当部長）
〃	やました　ひろはる 山下　洋治	（一財）電気安全環境研究所横浜事業所 EMC 試験センターグループマネージャ（CISPR F 作業班主任）
〃	わたなべ　そういち 渡辺　聡一	（独）情報通信研究機構 電磁波計測研究所 電磁環境研究室 研究マネージャー

（計 29 名）

別表３

ワイヤレス電力伝送作業班　人体防護アドホックグループ構成員

（敬称略、構成員は五十音順）

		主　要　現　職
主　任	わたなべ　そういち 渡辺　聡一	（独）情報通信研究機構 電磁波計測研究所 電磁環境研究室 研究マネージャー
構成員	いしだ　かずひと 石田　和人	クアルコムジャパン（株）　標準化部長
〃	いしだ　ひろき 石田　宏紀	ARIB 研究開発本部 電磁環境グループ 担当部長
〃	おおにし　てるお 大西　輝夫	ARIB 規格会議第 38 作業班 主任 （NTT ドコモ先進技術研究所 アンテナ･デバイス研究グループ主任研究員）
〃	かみむら　よしつぐ 上村　佳嗣	宇都宮大学 工学部 情報工学科 教授
〃	かわしま　きよたか 河島　清貴	クアルコムジャパン（株）　シニアエンジニア
〃	くぼた　ふみと 久保田　文人	（一財）テレコムエンジニアリングセンター 松戸試験所 統括部長
〃	ごうま　しんじ 郷間　真治	（株）村田製作所 技術・事業開発本部　新規ビジネス開拓部 ビジネス開拓３課 係長
〃	しょうき　ひろき 庄木　裕樹	（株）東芝 研究開発センター ワイヤレスシステムラボラトリー 研究主幹
〃	つかはら　ひとし 塚原　仁	日産自動車（株）　電子技術本部 電子システム開発部 電子信頼性グループ主査
〃	のじま　あきひこ 野島　昭彦	トヨタ自動車（株）　電子技術統括部 主幹
〃	のむら　しゅうじ 野村　修二	（一財）テレコムエンジニアリングセンター 松戸試験所　電磁環境試験グループ部長
〃	ひらた　あきまさ 平田　晃正	名古屋工業大学 大学院 工学研究科 情報工学専攻 准教授
〃	やまさき　けんいち 山崎　健一	（一財）電力中央研究所 電力技術研究所 雷・電磁環境領域 上席研究員
〃	やました　ひろはる 山下　洋治	（一財）　電気安全環境研究所 横浜事業所 EMC 試験センターグループマネージャー（CISPR F 作業班主任）
〃	よこた　ひとし 横田　等	IEC TC106 国内委員会 幹事補佐（IEC62311 エキスパート） （(株) 日立製作所 モノづくり戦略本部 生産技術センタ 技師）
〃	わけ　かなこ 和氣　加奈子	（独）情報通信研究機構 電磁波計測研究所 電磁環境研究室 主任研究員
オブザーバ	たき　まさお 多氣　昌生	首都大学東京大学院 理工学研究科 電気電子工学専攻 教授 （電波利用環境委員会 主査）

（計 18 名）

Ⅳ　審議概要

第１章　ワイヤレス電力伝送システムの概要

1.1　調査開始の背景

(1) 電波有効利用の促進の動向

近年、世界的なエネルギー問題等に対応したスマートコミュニティや持続可能な車社会の実現に向け、家電製品や電気自動車等において、無線技術により迅速かつ容易に充電することを可能としたワイヤレス電力伝送システム（以下「WPT システム」という。）を導入するニーズが高まってきている。これを受け、「電波有効利用の促進に関する検討会」の報告書（平成 24 年 12 月 25 日）においては、この WPT システムを新たな高周波の利用形態として位置づけるとともに、(2)に示すようなロードマップを参考に平成 27 年を目途にした実用化を加速していく旨提言された。

この WPT システムは、屋内外で幅広く利用されることが見込まれており、また、他の無線機器等へ有害な混信等を与えた場合の社会生活へ与える影響が大きい。このため、本作業班ではこの WPT システムと他の無線機器との共用、電波防護指針（平成 2 年 6 月 25 日等）への適合性の確認方法等について検証するとともに、当該システムから放射される漏えい電波の許容値や測定法等の技術的条件の検討を行うこととした。

(2) WPT システムの実用化に向けたロードマップ

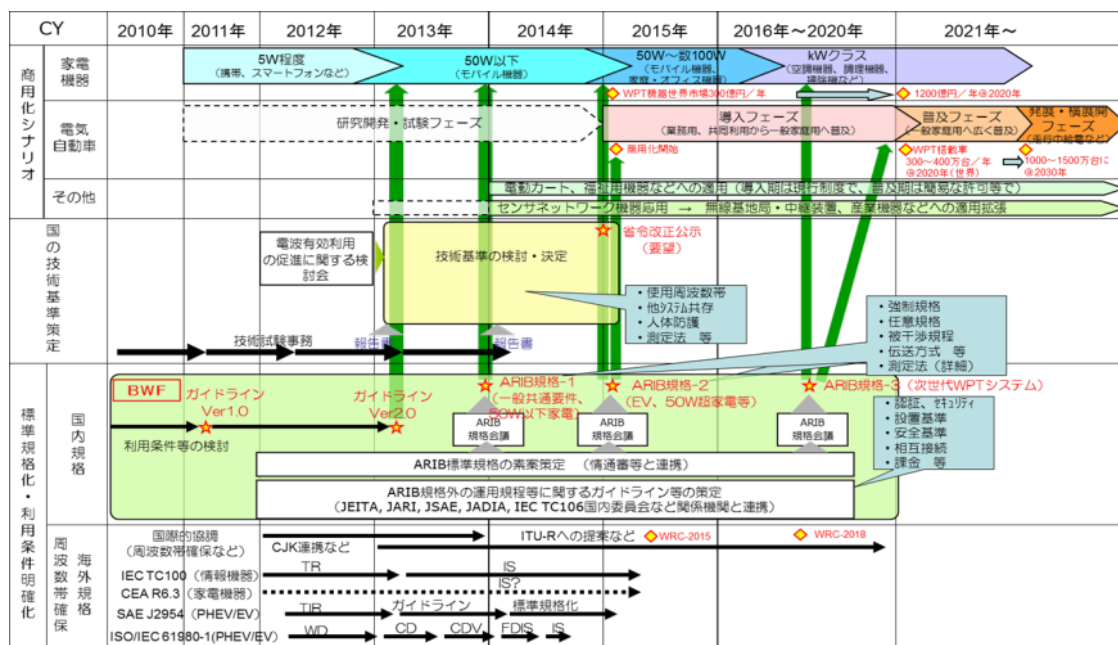



図 1.1　ワイヤレス電力伝送技術の実用化に向けたロードマップ

民間団体の取組として、ブロードバンドワイヤレスフォーラム（ＢＷＦ）を中心に取りまとめられたロードマップを図 1.1 に示す。ここでは、例えば電気自動車を対象

としたWPTシステムについては、2015年以降に商用化、2020年以降に市場拡大のシナリオとなっており、本作業班においても、これらを参考とした。

1.2　WPTシステムの特徴

(1)　様々な伝送方式

　ワイヤレス電力伝送技術は、無線技術を応用することにより、非接触で電力伝送を可能とする技術であり、以下の4方式が主流となっている。

①電磁誘導方式：送電側のコイルに電流を流すと磁束が生じ、受電側のコイルにも電流が流れることにより充電する。

②磁界共鳴方式：送電側と受電側にコイルを埋め込み、それぞれのコイルを共鳴させることによって生じた電力により充電する。

③電界結合方式：送電側と受電側にそれぞれ電極を設置し、電極が接近したときに発生する電界を利用して電流を伝送することにより充電する。

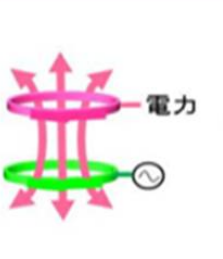
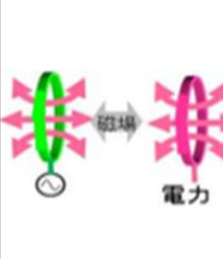
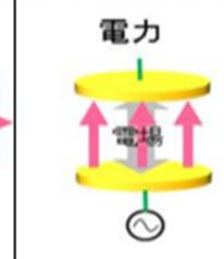
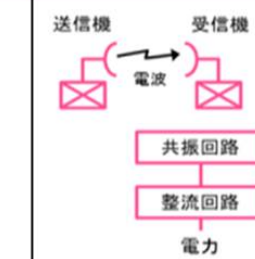
④電波受信方式：受信した電波を整流回路で電気エネルギーに変換することにより充電する。

方式	電磁誘導方式（変圧器型）	共鳴方式(共振)		電波受信方式
		磁界共鳴方式	電界結合方式（電界共鳴方式）	
特徴	①数kW程度の電力を流せるが、位置ずれに弱い。 ②電動歯ブラシ等で商用化。	①数kW程度の電力を流せ、位置ずれにも強い。 ②電磁誘導方式よりも距離を長くとることが可能。	①100W程度以下の電力で運用可能。 ②ほぼ密着した状態で使用する。 ③iPad2のワイヤレス充電等で商用化。	電波を整流回路で直流に変換して利用。

図1.2-1　ワイヤレス電力伝送技術の方式

(2) 様々な利用シーン

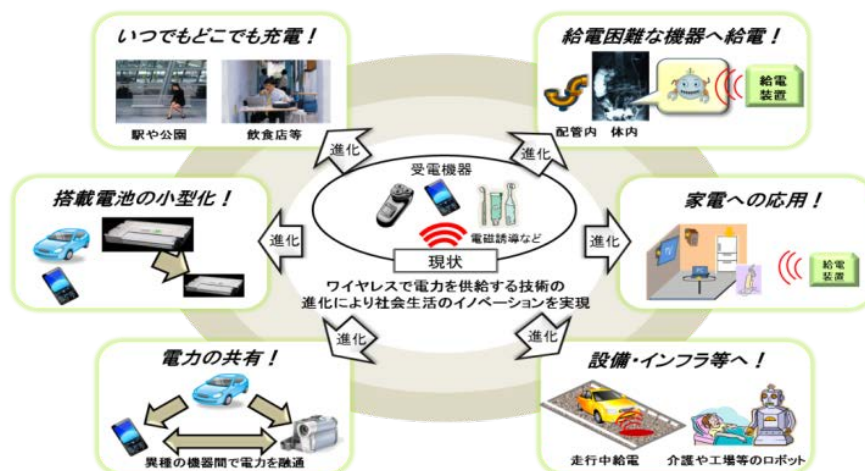



図 1.2-2　ワイヤレス電力伝送技術の利用イメージ

WPT システムは、電動歯ブラシやコードレス電話、スマートフォン等、主に小電力機器向けの給電装置として、また、多種多様な情報通信機器等への対応や中電力（白物家電）用、大電力（電気自動車）用の技術の開発等も積極的に進められており、利便性の高い給電システムとして様々な利用シーンでの活用が期待されている。

第２章　対象とした WPT システム

2.1　本作業班で検討対象とした WPT システム

本作業班では、「電波有効利用の促進に関する検討会」報告書に記載されているロードマップや、ワイヤレス電力伝送に関する国内外の動向等を踏まえ、以下の WPT システムを対象とした（表 2.1-1 参照）。

(1)電気自動車用 WPT

(2)家電機器（モバイル機器、家庭・オフィス機器）用 WPT（①～③）

表 2.1-1　検討対象とした WPT システムの概要

対象 WPT	電気自動車用 WPT	家電機器用 WPT①（モバイル機器）	家電機器用 WPT②（家庭・オフィス機器）	家電機器用 WPT③（モバイル機器）
電力伝送方式	磁界結合方式（電磁誘導方式、磁界共鳴方式）			電界結合方式
伝送電力	～3kW 程度（最大 7.7kW）	数 W～100W 程度	数 W～1.5kW	～100W 程度
使用周波数	42kHz～48kHz、52kHz～58kHz、79kHz～90kHz、140.91kHz～148.5kHz	6765kHz～6795kHz	20.05kHz～38kHz、42kHz～58kHz、62kHz～100kHz	425-524kHz
	0～30cm 程度	0～30cm 程度	0～10cm 程度	0～1ｃｍ程度

2.2　各システムの技術的仕様

(1)　電気自動車用 WPT

電気自動車用 WPT は磁界共鳴方式を用いた WPT システムであり、図 2.2-1 にシステムの例を示す。地上側に設置される送電側装置（1 次コイル）と車両側に装備される受電側装置（2 次コイル）で構成される。また、電力伝送において、変調は行わない。

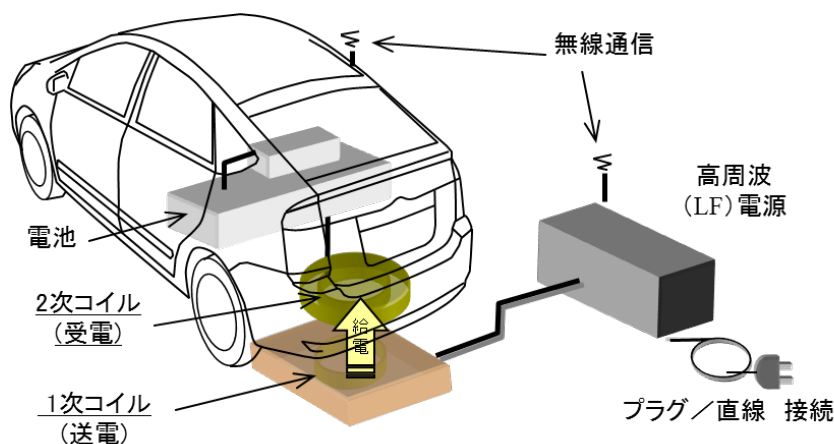



図 2.2-1　WPT システムの構成

電気自動車用 WPT システムの基本仕様としては、表 2.1-1 に掲げたものに加え、電力伝送距離（1 次コイルと 2 次コイル間の距離）は自動車と地面のクリアランスを考慮し最大 30cm レベルまで、また、前後、左右方向の位置ずれは 15cm 程度を考慮している。

なお、電力伝送状態の監視・制御等は WiFi,Zigbee,Bluetooth 等の既存通信方式により行う。

電気自動車用 WPT システムにおいては、図 2.2-2 の電力伝送の基本的な制御シーケンスで示すように、制御通信を利用した給電装置と車両との双方向コミュニケーションが確立されることにより、電力伝送シーケンスが開始される。また、給電動作中も相互に状態モニタが行われるようシステムが設計されており、安全面を考慮して、車両不在時の不要な電力伝送防止が図られている。

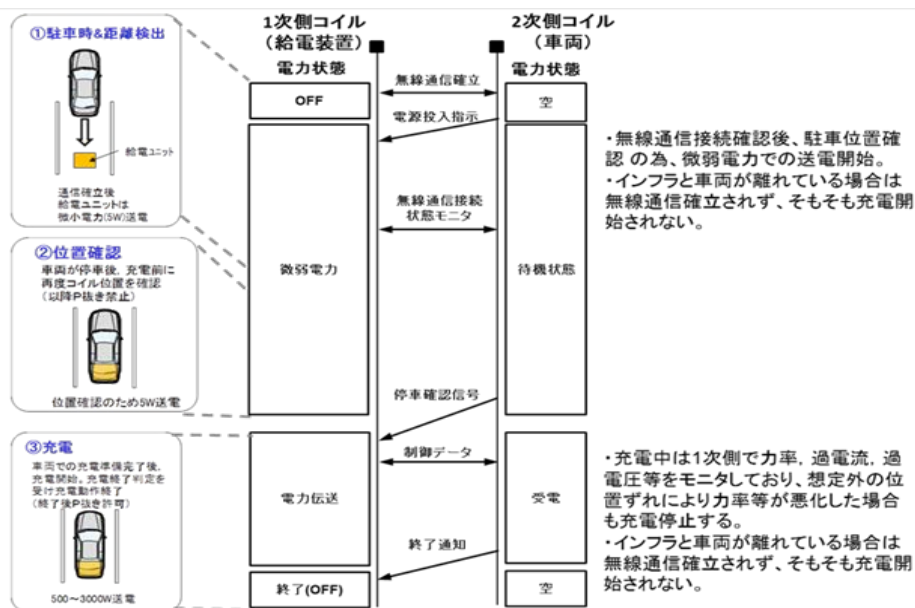



図 2.2-2 電力伝送の基本的な制御シーケンス

また、本システムは最大効率での送電の為に、出力周波数の自動調整（周波数スキャン）機能も検討されている。（図 2.2-3 周波数スキャン機能）

周波数スキャンは、車両駐車位置検出、システムチェックの目的での微弱電力送電（5W 程度）が終了してから行われる。周波数スキャン時の出力、周波数レンジ幅は、最大でも割り当て周波数内で実施する。周波数スキャンは数秒で終了し、以降、周波数を固定して充電動作を開始する。

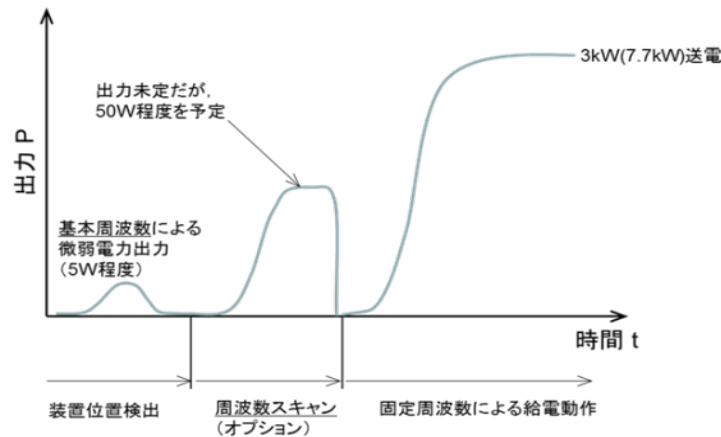



図 2.2-3 周波数スキャン機能

(2) 家電機器用 WPT①

家電機器用 WPT①は、携帯電話／スマートフォン、タブレット PC、ノート PC、携帯 AV 機器、産業向け IT 装置等のモバイル機器に、磁界共鳴方式を用いてワイヤレス電力伝送を行うシステムである。

家電機器用 WPT①システムの基本仕様としては、表 2.1-1 に掲げたもののほか、伝送形態（同時運用時の送電器と受電器の数）が、一つの送電器から複数の受電器に同時に電力伝送を行うこと（１：ｎ）、電力伝送時に送電器コイルに流す電流波形は無変調の正弦波であり、周波数のスキャンは行わないこと、受電コイルの存在を確認するため、微弱電力送電（0.1W 程度）を行うことと、受電側制御器を動作させるのに必要な電力を供給するため低電力送電(1W 程度)を行うこと､伝送周波数は中心周波数 6.78MHz に固定するが、送電器に使用する発振器の発振素子の製造偏差のため送電周波数は最大で±10kHz 程度のバラツキが有り、このバラツキを許容するために 30KHz の周波数幅を必要とすること、があげられる。また、電力伝送において、変調は行わない。

電力伝送時の動作と基本的な制御シーケンスを図 2.2-4 に示す。

一例として 1 台の送電器から 2 台の受電器に電力伝送する制御シーケンスを示しており、①～③は以下のような送電器と受電器の電力状態の遷移を示している。

①送電器から微弱電力を送電し、送電領域内に受電器が存在することを確認する。

②送電器は受電器からの通知情報により電力伝送する受電器 1 を確認した後、受電器 1 の制御器を動作させるのに必要な電力を供給するための低電力送電を行い、制御通信の無線通信確立後､送電器と受電器 1 の電力伝送制御データを交換する。

③送電器は所定値の正弦波電流を送電器コイルに流して電力伝送を開始する。

電力伝送中は受電器から電流、電圧及び受電器状態のデータが送電器に送られ、送電器はデータに基づいてコイル電流を調整する。送電器が低電力あるいは電力伝送の状態で、受電器 2 からの通知情報により受電器 2 を確認すると、②の無線通信確立、

送電器と受電器 2 間の電力伝送制御データ交換が行われ、送電器は所定の電流を送電器コイルに流して受電器 1 と受電器 2 への電力伝送を行う。受電器 1、2 からの受電終了通知や異常状態通知により、電力伝送を終了する。

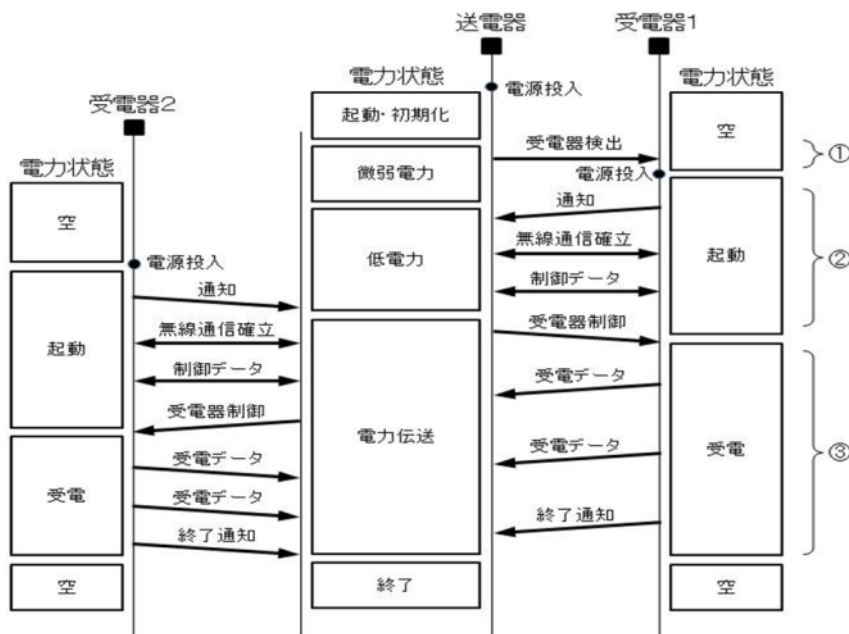



図 2.2-4　電力伝送の基本的な制御シーケンス

(3) 家電機器用 WPT②

家電機器用 WPT②は、主に家庭やオフィスで使用される機器に対し、磁界共鳴方式を用いてワイヤレス電力伝送を行うシステムである。家電機器（白物家電が主)や可搬機器（モバイル機器、ポータブル機器）が対象であり、具体的には持ち運び可能なパソコンやテレビ、調理器具等である。

本システムの基本仕様は、表 2.1-1 に掲げたもののほか、ワイヤレス電力伝送の 1 次側（給電側）は、机やテーブル、給電パッド（給電ユニットが台型形状）や什器、設備内等へ組み込んで使用すること、家庭やオフィスで使用する WPT 機器は、通常低圧の交流電源コンセント(AC100V)から電力を供給して使用するのが一般的であり、この点からワイヤレス電力伝送する最大電力を 1,500W 程度と設定していること、があげられる。

また、使用時は電力を供給する 1 次側の送電側に、2 次側の受電側を密着～10cm 程度の間隙をあけて設置される（実質的にはほとんどの場合、密着に近い状態で設置されることが多い。)。このとき、送電側と受電側は、通常 1 対 1 でワイヤレス電力伝送されることを基本としており、間隙が小さいことから送電側と受電側の間に人体が挿入される状態での運転は想定していない。また、電力伝送において変調は行わない。

安全性を考慮して、2 次側（受電側）機器が適切な受電対象機器であることを認証する仕組みを内蔵し、誤った電力伝送が行われないようにしている。また、いずれの状

態においても安全上問題がある場合（異物の挟まれ、機器間の位置ずれ等）には即座に電力伝送を止める仕組みもとられている。

給電ユニット(送電器)の上に受電器をのせて使用する場合を想定した制御の一例を図 2.2-5 に示す。

① 【機器検知】

給電ユニットの電源投入後は待機状態となり、受電する機器を待ち受ける。

受電機器が給電ユニット上に置かれた(セットされた)状態になると、受電機器の検知(位置確認、異物確認)及び給電ユニットと受電機器間の異物検知を行う。

② 【機器認証】

給電ユニット上の受電機器がワイヤレス給電を行うのに適切な機器であるかを判断する。問題ない場合は、設置状態や負荷の設定、運転周波数のパラメータ等が決定される。

③ 【給電】

この後、給電ユニットから受電機器に対して電力伝送が行われる。運転中は、負荷の変化や受電機器の位置のずれなど、電力伝送する条件が変わることもあるため、これらの設置環境条件に合わせて、運転パラメータを変更。また、電力伝送中に伝送特性や機器認証が異常な場合や、受電特性が異常な場合なども電力伝送を停止する。

図 2.2-5　家電機器用 WPT②の運転制御例

④ 【給電終了】

最後に、給電ユニットから受電機器が外されると、受電機器の認証ができなくなるため、電力伝送が停止される。

(4) 家電機器用 WPT③

家電機器用 WPT③は、電界結合方式を用いて、ノート PC 等のモバイル機器にワイヤレス電力伝送を行うシステムである。

図 2.2-6 に示すとおり、送電台と受電装置で構成されており、ここではノート PC の内部に受電装置が組み込まれている。また、受電用の電極はノート PC の裏面に組み込まれており、送電電極から電力を受ける。また、電力伝送において変調は行わない。

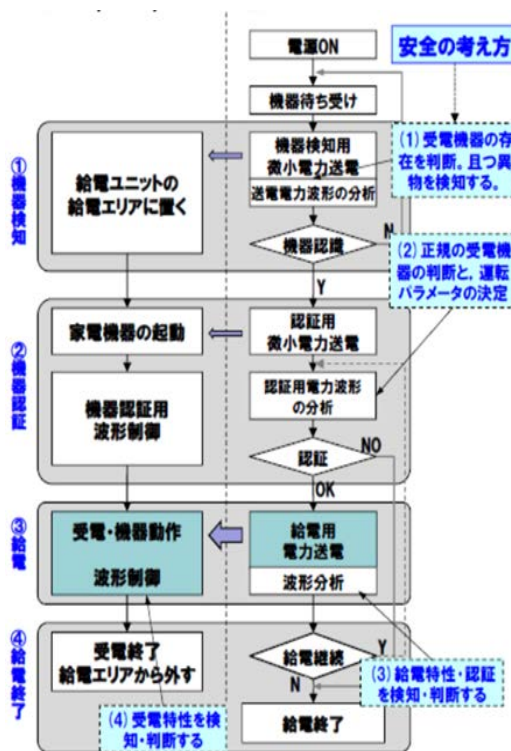



図 2.2-6　家電機器用 WPT③のイメージ

家電機器用 WPT③システムの基本仕様は、表 2.1-1 に掲げたもののほか、電力伝送の範囲は定常時に最大 100W（ピーク時で最大 130W）を想定していること、伝送距離は最大 1cm とし、至近距離での充電を想定していること、位置ずれ（水平方向）は±1～5cm 程度であること、があげられる。

電界結合方式は、伝送距離を上げると伝送効率が大きく下がる特徴があるため、距離を離した装置への電力伝送には不向きである。このため、電極が薄いというメリットを生かし、薄型のモバイル機器に対する至近距離での高効率伝送を主なターゲットとしている。

当システムにおいては、図 2.2-7 に示すとおり、製品の安全性を確保するための制御機能が組み込まれている。

送電部は、着地検知機能を持ち、受電装置が置かれた場合に電力伝送の準備に入る。その後、周波数サーチ（※）を行い、効率良く電力伝送ができる周波数を選択する。

周波数サーチでインピーダンスの極大値が検知された後、送電台と受電装置の間で制御通信による ID 認証を行う。制御通信は負荷変調、振幅変調を用いており､2～3W 程度の電力伝送波を搬送波として利用し、制御、認証用のデータを伝送する。このとき、搬送波の周波数は WPT システムの利用周波数範囲内で行われる。

ID 認証によって、送電台は受電装置が正しい受電対象であることを確認する。さらに、電力を伝送するための周波数や電圧等の条件に問題がないことを確認した後、送電を開始する。

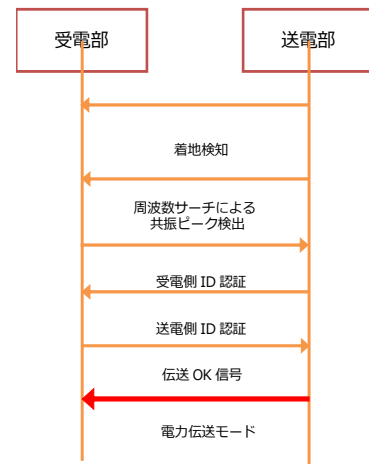



図 2.2-7　制御シーケンス

※周波数サーチ

周波数サーチは、伝送する周波数の付近で、送電装置側から受電装置の共振インピーダンス（実際にはマイコンで送電部内のインバータ回路の入力電圧を測定している）を測定し、そのインピーダンスの極大値を検出した後、その極大値の周波数で電力伝送を行う制御方法である。

図 2.2-8 に周波数サーチ時の電圧波形の一例を示す。このとき、送電側ではインピーダンスの測定を行っているだけであり、電力伝送は行わない。

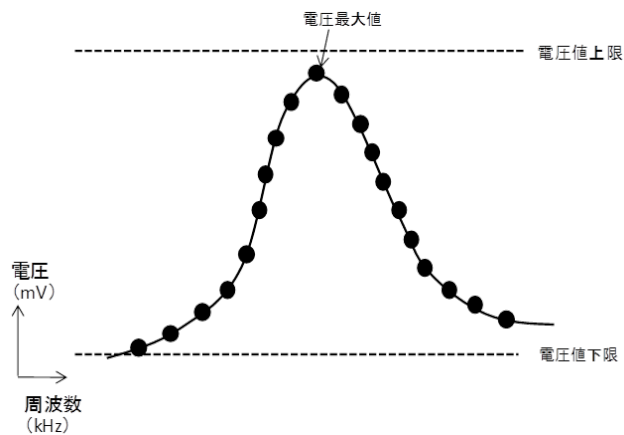



図 2.2-8　周波数サーチ時の電圧値波形

この周波数サーチにより、伝送周波数を選択することができる。例えば、図 2.2-9 に示すように送電を行わない周波数帯があれば、これを避けることが可能となる。

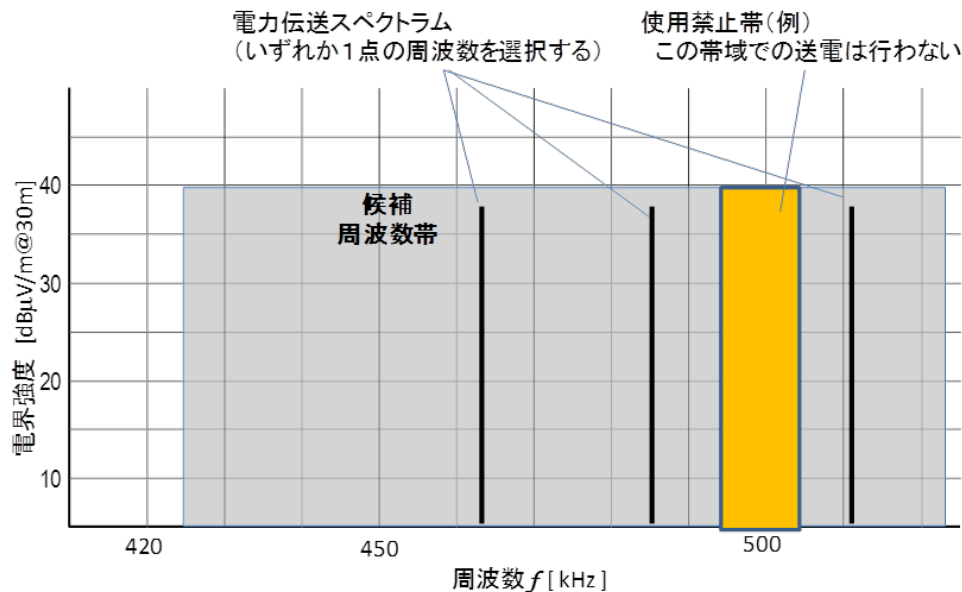



図 2.2-9 周波数サーチ時による周波数選定のイメージ

(5) 要求条件・制御方法のまとめ

各 WPT システムの要求条件・制御方法について、表 2.2-1 にまとめる。なお、この表の中で、WPT 周波数の放射レベル及び WPT 周波数以外のスプリアスに関しては、共用検討のための目標の初期値（目標許容値）と設定したものであることに留意する。

表 2.2-1 各 WPT システムの要求条件と制御方法のまとめ

	電気自動車用WPT	家電機器用WPT① （モバイル機器）	家電機器用WPT② （家庭・オフィス機器）	家電機器用WPT③ （モバイル機器）
商用化開始時期	2015年	2015～2016年	2016～2018年	2015年
用途・適用製品	普通乗用車（EV/PHEV）への充電	モバイル機器（携帯電話／スマートフォン、タブレットPC、ノートPC、携帯AV機器）、産業用IT機器への充電・給電	オフィス機器（PC用テーブル，モニター等）、住宅設備類応用、調理器具（ブレンダー、フードプロセッサ、コーヒーメーカ、次世代IH調理器等）	ノートPC、タブレット、スマートフォン、その他モバイル機器への充電
WPT周波数	下記周波数帯の中から他システムとの共用化、国際協調等を考慮して適切な周波数帯を利用する 42kHz～48kHz 52kHz～58kHz 79kHz～90kHz 140.91kHz～148.5kHz	6.765MHz～6.795MHz	20.05kHz～100kHz。なお40kHz/60kHzを±2kHzでマスクする。(この範囲の中で基本周波数の±30%以内の周波数を利用する）	425kHz-524kHz（この範囲の中で50～80kHzの周波数帯を利用する） ※他システムとの共用化検討の過程で、利用周波数の検討範囲を広げた
送電電力	最大3kW程度（普通充電対応、家庭での充電を想定） 最大7.7kW程度（普通充電倍速、パブリック充電を想定）	数W～100W程度 （根拠：ノートPCなど100W必要な機器がある、また複数のモバイル機器への同時電力伝送を行うことも想定）	数W～1.5kW程度 （根拠：調理器具（特に加熱する器具）に必要な電力）	最大100W（定常時）、最大130W（ピーク時） （根拠：ノートPCなど100W必要な機器に対応する）
電力伝送距離	最大30cm程度 （根拠：地面と車体下面間で電力伝送を行うため）	密着～30cm程度 （根拠：机の上などで利用し、送電器から30cm程度の範囲内で位置や向きを自由に置いて利用することを想定）	密着～数cm （根拠：技術方式として数cmまでの利用になる）	密着～数cm （根拠：技術方式として数cmまでの利用になる）
伝送形態（同時運用時の送電器と受電器の数）	1対1	1対複数	1対1	1対1
WPT周波数（基本波）の放射レベル	磁界強度： 97.5μA/m@30m（3kW） 156μA/m@30m (7.7kW) 電界強度： 36.7mV/m@30m (3kW) 58.9mV/m@30m (7.7kW) （根拠：①米国FCC Part18cを参考（米国市場との整合性を意識）、②実測データを参考に製造偏差等考慮した努力設定値）	磁界強度： 265.3μA/m@30m 電界強度： 100mV/m@30m （根拠：実測データを参考に製造偏差等考慮した努力設定値）	磁界強度： 2.65μA/m@30m 電界強度： 1mV/m@30m （根拠：実測データを参考に製造偏差等考慮した努力設定値）	磁界強度： 0.26μA/m@30m 電界強度： 100μV/m@30m （根拠：実測データを参考に製造偏差等考慮した努力設定値）
WPT周波数以外のスプリアス（9kHz～30MHz）	電波法施行規則第四十六条の七の「二　電磁誘導加熱式調理器」を参考 （根拠：最低限守るべき条件であり、全てのWPTシステムに対して共通に参考できる）			
最大電力送電時	正弦波	正弦波	正弦波	正弦波
WPT周波数の可変幅	6kHz～11kHz （根拠：周波数スキャンにより最大効率が得られる周波数に設定するため）	30kHz （根拠：送電周波数のバラツキを許容するため）	基本波の±30%kHz以内 （例：基本波30kHz：22k～38kHz） （根拠：周波数スキャンにより最大効率が得られる周波数に設定し、また出力制御を行うため）	50～80kHz：使用帯域の合計 （根拠：周波数サーチにより最大効率が得られる周波数に設定するため）
周波数スキャン時の送電電力	50W程度	スキャンは行わない	1W程度	周波数サーチ時に電力伝送は行っていない（インピーダンス測定を行っているだけのため）
その他の利用	受電コイルの位置検出のため、微弱電力（5W程度）での送電を行う。	受電コイルの存在確認のため、微弱電力（0.1W程度）での送電を行う。 また、受電側制御器動作させるための必要な電力を供給するため低電力送電（1W程度）を行う。	・受電コイルの存在確認、および受信機器の動作検証のため低電力送電（1W程度）を行う。	（特になし）
電力伝送開始までの制御の基本動作	①通信確立 ②駐車時および距離検出 ③受電コイル位置確認 ④送電開始 ※状態のモニターや最適効率化のための制御データのやり取りを別の無線システムを利用して行う	①受電器存在確認 ②制御器を動作させるための低電力送電 ③制御通信確立 ③送電開始 ※受電状態確認のための制御データのやり取りを別の無線システムを利用して行う	①機器検知(受電機器の存在確認） ②機器認証(受電機器を認証、また周波数サーチにより最適値を決定する） ③送電開始 ※出力制御のため送電ユニットで周波数を制御する。	①着地検知（受電電極の認識） ②周波数サーチによる共振ピーク検出 ③ID認証 ④送電開始
通信制御のための方法	WPT周波数とは異なる別の無線システムを利用	WPT周波数とは異なる別の無線システムを利用	WPT周波数と同一周波数内で、送･受電器の周波数を制御変化を分析し、制御する。（電力伝送波形を見ているのみ）	WPT周波数と同一周波数で行う（電力は2W～3W程度）

(6) 制御通信について

(1)～(4)で説明したWPTシステムにおける制御通信は、「電力伝送と制御通信で利用周波数帯が異なる（制御通信を無線LANなどの既存の別の無線システムを利用する)」、「電力伝送と制御通信を同一周波数で行う場合には同時には行わず、制御通信時には電力伝送に比較して小さな電力で送信する」のいずれかに該当する。しかし、制御通信が他の無線システムへ干渉を与えないという条件下で、次に説明するような利用形態も考えられる。今後の発展性も考慮した WPT システムにおける制御通信について、改めて以下に説明する。

(a) ワイヤレス電力伝送機器における制御通信の必要性について

以下の例に示す用途のために制御通信が必要になる。

・受電相手の初期認証
・送電開始／停止などの電力伝送の基本動作
・利用環境や負荷状態の変化などに対応して高効率に電力伝送を行うための制御
・送電器と受電器の位置合わせなどのモニタリング
・異常動作、電力伝送経路への異物（人体も含む）検出時などに停止するめなどの安全上の制御

(b) 制御通信の方法

制御通信の基本的な方法に以下の通りである。

①電力伝送とは異なる周波数帯での他の無線システムを利用することが基本
②ただし、受電相手の初期認証などのために電力伝送と同一の周波数を利用することがある。
②－１：電力と制御通信を同時には行わない場合。例えば、電力伝送を行う前や後に、微小電力での制御通信を行う。
②－２：電力と制御通信を同時には行う場合。帯域外へ不要放射ノイズを出さないレベルの低速（例えば1kbps以下で限定期間だけ）の変調方式、かつ、小電力（例えば2～3W[長波の場合]程度以下）で制御通信を行う。

(c) 各WPTシステムにおいて可能性のある制御通信の方法

①電気自動車用WPT
・基本は、制御通信に無線LANなど既存の別周波数の無線システムを用いる。
・ただし、初期認証等のため、電力伝送と同一周波数を制御通信に用いる可能性はある。通信速度は1kbps程度以下。
・電力と制御通信は同時には行わない。

②家電機器用WPT

・基本は、制御通信に無線 LAN など既存の別周波数の無線システムを用いる。
・ただし、初期認証、電力伝送中の定期認証、電力伝送制御等のため、電力伝送と同一周波数を制御通信に用いる可能性はある。この場合、周波数帯域幅(例えば、家電機器用 WPT①の場合には 6.78MHz±15kHz)に収まる通信しか行わない。通信速度は 1kbps 程度以下。
・電力と制御通信を同時、同一周波数で行う場合には小電力（2～3W 以下）で行う。

以上のように、あくまでも電力伝送が主たる目的の機器であり、制御通信を同一周波数で行ったとしても他システムへの干渉は少ないことが前提になる。

(d) 通信制御方式の概要

WPT システムに利用される制御通信において。、その通信方式の概要を以下に示す。

・通信方式
単向、単信又は半復信（送電⇒受電、受電⇒送電）
・通信情報単位
電圧値（最大 1Byte)、電流値（最大 1Byte）、特性変動情報（最大 1Byte）、認証用 ID 情報（最大 4Byte)、リザーブ（最大 4Byte）など、トータルで 12Byte 程度。
・変調方式
ASK、PSK、FSK など
・占有周波数帯幅と空中線電力
数 kHz 程度（符号化方式による）　・　数 W（短波の場合は数 100mW)
・データ伝送パラメータ
伝送速度：　1kbps 程度（電力伝送前、電力伝送中の一定周期ごと等)
送信時間：　0.2 秒程度／情報単位（簡易な誤り訂正を含む)

以上から、電力伝送の認証等に係る限定的情報を、電力伝送開始時等に間欠的に、狭帯域で通信する方法であり、電力伝送波の与干渉影響に比べて、極めて小さい干渉信号に収めることができる。

2.3　想定される利用形態

(1)電気自動車用 WPT

個人宅での充電では、現在普及している家庭用 200V 電源による有線の普通充電と同等の充電時間を確保するために、3kW 程度の出力を予定している（3kW クラス)。また、EV 等の大容量電池の充電時間短縮を狙い、パブリックスペースについては、7.7kW 程度の出力を予定している（7.7kW クラス)。

図 2.3-1　 個人宅やパブリックスペースでの充電例

(2) 家電機器用 WPT①

利用形態の例を図 2.3-2 及び図 2.3-3 に示す。

電力伝送する対象機器は、携帯電話／スマートフォン、タブレット PC、ノート PC、携帯 AV 機器、産業向け IT 装置等のモバイル機器であり、家庭、オフィス、店舗、公共スペース等の屋内や車両内において利用する。

図 2.3-2 の第一の利用形態では、モバイル機器を送電トレイ上あるいは送電器コイルを埋め込んだ机の上やコンソールの中に置いた状態で電力伝送を行う。電力伝送の方式として磁界共鳴方式を採用することにより、送電トレイや机の送電領域上のどの位置にモバイル機器を置いても（送電器との位置合わせ無しに）電力伝送を受けることができる。図 2.3-3 の第二の利用形態では、送電スタンドの周囲の最大 30cm 程度離れた領域内に置かれたモバイル機器への電力伝送を想定している。

電力伝送を受けるモバイル機器の消費電力は、携帯電話：3W 程度、スマートフォン：5W 程度、タブレット PC：10W 程度、ノート PC：50～100W 程度、携帯 AV 機器：5～20W 程度であり、これらが複数台混在した状態で同時の電力伝送を行うため、送電器の伝送電力は最大 100W 程度を想定している。

図 2.3-2　利用形態(1)：送電台上に置いたモバイル機器への電力伝送

図 2.3-3　利用形態(2):送電スタンドの周囲のモバイル機器への電力伝送

(3) 家電機器用 WPT②

家電機器用②の WPT システムの想定される利用形態は、図 2.3-4 に示すとおり、家庭における机やテーブルでの PC やモニタ（テレビ)、調理機器等への給電や充電、住宅設備等への応用を想定している。

図 2.3-4　家電機器用②の WPT システムの想定される利用シーン

(4) 家電機器用 WPT③

家電機器用 WPT③は、電界結合方式を用いた WPT システムであり、主にノート PC、タブレット PC 等のモバイル機器用途に対応する。また、電界結合方式は薄型の機器に対して 20～100W 程度の電力を効率良く伝送することを特徴としている。利用されるシーンとしては主に家庭内やオフィスを想定しており、ケーブルの削減や充電の利便性向上に貢献する。図 2.3-5 は家庭内でのテーブル上で利用する例である。また、図 2.3-6 はオフィス内の会議室での利用例である。さらに、充電を頻繁に行う手間が負担となる業務用途での利用も考えられている。

図 2.3-5 家庭での使用例

図 2.3-6 オフィスでの使用例

2.4　市場予測

(1) 電気自動車用 WPT

2015 年より製品リリースが開始され、2020 年以降に本格的に普及する見込みである。図 2.4-1 にはグローバル自動車市場予測を示す。また、表 2.4-1 の経済産業省『次世代自動車戦略 2010』に基づき、2020 年及び 2030 年の普及予測を以下に示す。

・対象車両　　　　　　　：EV（電気自動車）及び
　　　　　　　　　　　　　PHEV（プラグイン・ハイブリッド車）
・国内車両販売台数　　　：500 万台（2020 年，2030 年）
・対象車両比率　：15～20％（2020 年）
　　　　　　　　　　　　：20～30％（2030 年）
・WPT オプション率　　　：20％（2020 年），50％(2030 年)
　　(2015 年より販売開始し、5 年後，15 年後のオプション率を想定)

これより、国内における電気自動車用 WPT の普及予測は、
　　　　　　　　：15～20 万台/年（2020 年）
　　　　　　　　　　　　：50～75 万台/年（2030 年）

なお、海外の WPT 普及予測については、国内外車両販売比率から、国内需要の 20 倍程度が見込まれ、国内、海外ともに、EV／PHEV の普及が進む 2020 年以降に非常に大きな市場が予想される。

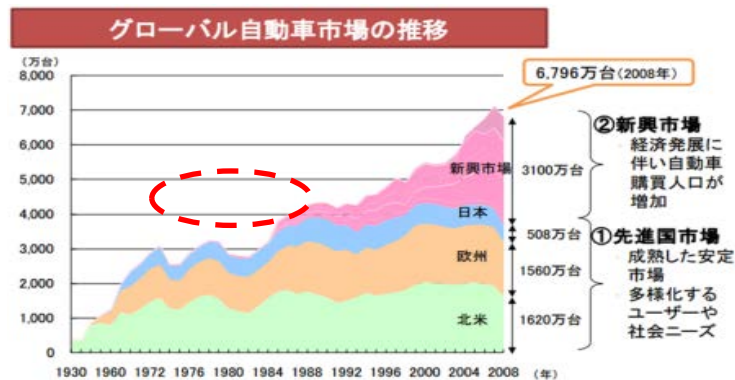



図 2.4-1　　グローバル自動車市場予測

表 2.4-1　　次世代乗用車普及目標

表：2020～2030 年の乗用車車種別普及目標（政府目標）

		2020年	2030年
従来車		50～80%	30～50%
次世代自動車		20～50%	50～70%
	ハイブリッド自動車	20～30%	30～40%
	電気自動車 プラグイン・ハイブリッド自動車	15～20%	20～30%
	燃料電池自動車	～1%	～3%
	クリーンディーゼル自動車	～5%	5～10%

出典：経済産業省『次世代自動車戦略 2010』

(2) 家電機器用 WPT①

本システムを搭載した携帯電話／スマートフォンが 2015 年に、産業向け IT 装置が 2016 年にリリースされ、その後タブレット PC、ノート PC、携帯 AV 機器、ウェアラブル機器等への搭載も進んで、2018 年頃に本格的に普及すると予想される。

図 2.4-2 に携帯電話／スマートフォンの世界市場予測、図 2.4-3 にタブレット PC、ノート PC の世界市場予測を示す。例えば、2017 年の携帯電話／スマートフォンの出荷台数は約 25.4 億台、タブレット PC、ノート PC の出荷台数は合計約 7.6 億台と予想されており、2017 年の WPT の搭載率を仮に 10%とすると、WPT が搭載された機器は年間約 3.3 億台に普及すると予測される。

図 2.4-4 は、米国の市場調査会社の IHS が発表したモバイル機器向けワイヤレス電力伝送システムの市場予測を示す。ワイヤレス電力伝送システムの送電器（Transmitter）と受電器（Receiver）の売上高は、2013 年は主に既存の電磁誘導方式による 2 億 1600 万米ドルであるが、ワイヤレス電力伝送機能の普及と磁界共鳴方式の導入拡大によって急速に拡大し、2017 年には 75 億米ドル規模になると予想されている。

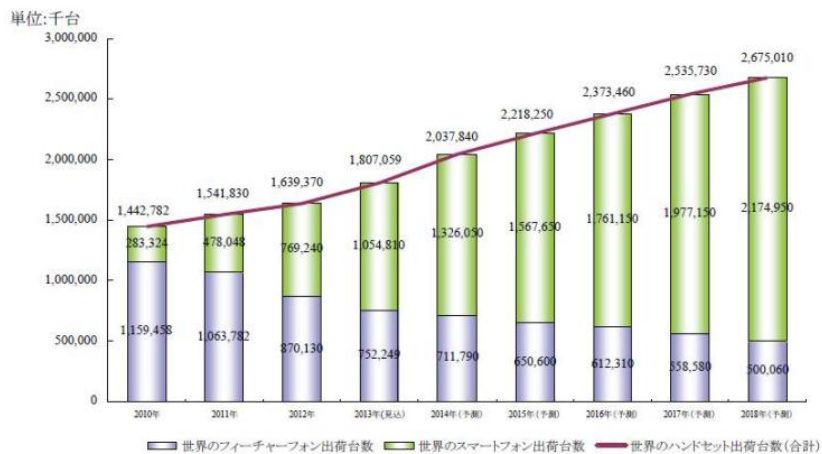



図 2.4-2　携帯電話／スマートフォンの世界市場予測

出展：http://www.yano.co.jp/press/pdf/1176.pdf

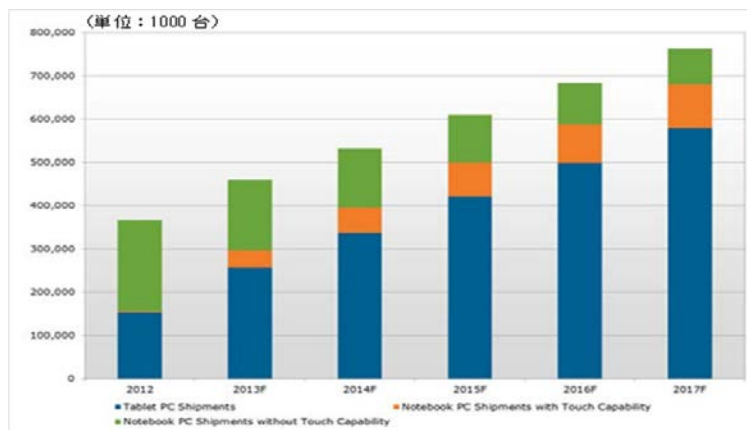



図 2.4-3　タブレット PC、ノート PC の市場予測

出展：

http://www.displaysearch.com/cps/rde/xchg/displaysearch/hs.xsl/140206_global_tablet_pc_shipments_to_reach_455_million_by_2017.asp

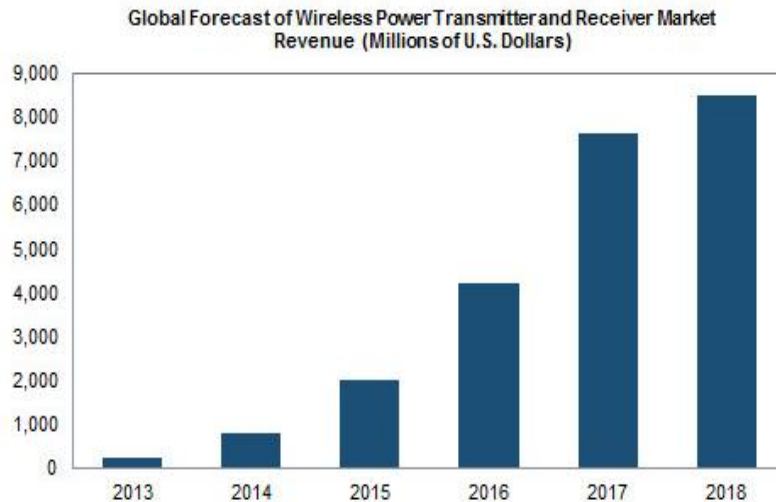



図 2.4-4　ワイヤレス電力伝送の送電器／受電器の世界市場予測

出展：

http://press.ihs.com/press-release/design-supply-chain/global-market-revenue-wireless-charging-rise-nearly-factor-40-2018

(3) 家電機器用 WPT②

2.3(3)に示したとおり、本 WPT システムを搭載した WPT 機器として、携帯電話、スマートフォン、タブレット PC、ノート PC が考えられている。なお、本 WPT システムについては、これらのほかに一般の家電機器などへの応用も期待されており、具体的には、2016～2018 年にかけて、オフィス機器（PC 用テーブル、モニター等)、住宅設備類応用、調理器具（ブレンダー、フードプロセッサ、コーヒーメーカ、次世代 IH 調理器等）などでの製品化が計画されている。

市場予測の例として、図 2.4-5 に米国 IHS iSuppli 社による WPT 機器の市場予想を示す。この資料では、2015 年段階で 250 億米ドルの市場規模が見込まれている。

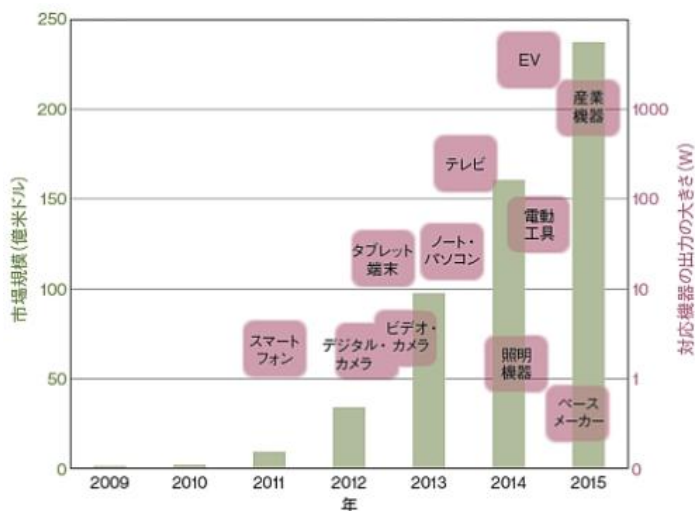



図 2.4-5 WPT 機器の市場予想（米 IHS iSuppli 社予測）

出展：2011/9/2 日経新聞

http://www.nikkei.com/article/DGXNASFK29020_Z20C11A8000000/

(4) 家電機器用 WPT③

家電機器用 WPT③も 2.4(3)に示した応用製品と同じ分野になる。したがって、普及予測についても、2.4(3)に示したものと同様に考えることができる。

一方、既にタブレット用に 10W のワイヤレス充電システムが実用化されている。(図 2.4-6 参照)

図 2.4-6　タブレット用ワイヤレス充電器

今後、民生、業務用途での市場拡大が予想されており、2020 年には年間約 500 万台の販売を予想している。現在、家電機器用③に対応する 50W 超のシステムについて開発中であり、タブレット、ノート PC 向けに 2015 年の商用化を予定している。

2.5　その他

本作業班で対象とした WPT システムは、電波法でいう高周波利用設備に該当する。

この高周波利用設備は、本来電波を空間に発射することを目的とするものではないが、高周波電流を使用していることから、その漏えいする電波が空間に輻射され、他の無線通信を妨害するおそれがある。このような妨害から無線設備の機能を保護するため、電波法において以下の規定を設けている。

1　無線通信に妨害を与えるおそれのある一定の周波数又は電力を使用する高周波利用設備については他の通信に妨害を与えないこと等を条件に許可制度としている。
【電波法第１００条】

2　高周波利用設備のうち許可を要しないものに対しては、これが副次的に発する電波又は高周波電流が無線設備の機能に継続的、かつ、重大な障害を与えるときは、総務大臣はその設備の所有者又は占有者に対し、その障害を除去するために必要な措置をとるべきことを命ずることができる。
【電波法第１０１条において準用する同法第８２条】

第３章　WPT システムと他の無線機器等との周波数共用検討

3.1　共用検討の方法

(1) はじめに

周波数共用検討を行う必要のある、他の無線機器等を選定するに当たり、本作業班で検討対象とした WPT システム（表 2.1-1 参照）の使用周波数が、他の無線機器等の使用する周波数と重複（又は隣接）していることを基本とし、必要に応じて、WPT システムの高次高調波が他の無線機器等の使用周波数と重複する場合についても検討を行った。

(2) 共用検討対象システムの選定

WPT の使用周波数、及びこれと重複する他の無線システム（以下「共用検討対象システム」という。）の周波数配置を図 3.1-1 に、これら共用検討対象システムの概要を表 3.1-1 にそれぞれ示す。

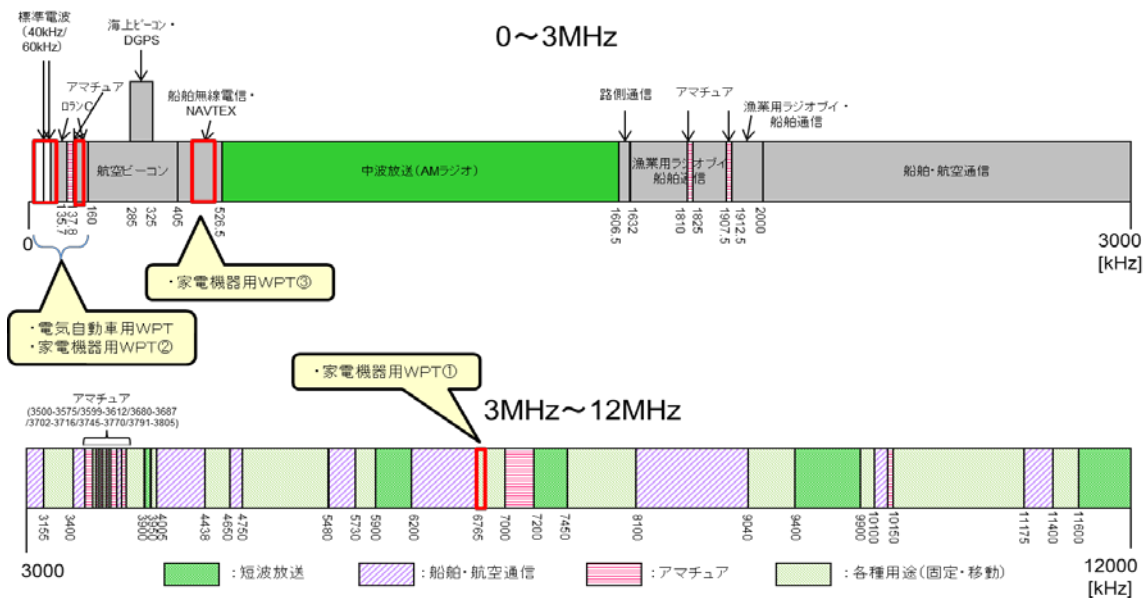



図 3.1-1　検討対象システムの周波数配置

表 3.1-1　共用検討対象システムの概要

システム名		概要	周波数帯	通信方式等
電波時計		標準電波送信所からの時刻データを定期的に受信して同期、時刻合わせをする時計	周波数帯：40kHz、60kHz 受信周波数帯幅：	
列車無線等	信号保安設備	線路に設置したコイルへ電流を流し、その直上を通過する列車に設置したコイルに流れる電流を検知し、列車を停止するなどの制御を行う。	周波数帯：60～140kHz	
	誘導式列車無線	鉄道敷地内の線路脇などに設置した伝送線路と、鉄道車両内に設置したアンテナ間を誘導結合し、信号を伝送するシステム。	周波数帯：100～250kHz 80kHz（1 局） 92kHz（1 局）	
アマチュア無線		アマチュア無線技士が自己の技術研究や訓	周波数帯：135.7～135.8kHz	振幅変調、周

	練等を目的に利用する無線システム	472～479kHz　など	波数変調、SSBなど
船舶無線	船舶の航行安全のための無線システムであり、港湾付近や海上において利用される。	周波数帯：90～110kHz（ロラン） 424kHz,490kHz,518kHz(NAVTEX) 495～505kHz(NAVDAT)	パルス、FSKなど
中波放送	中波帯を利用した音声放送受信システム	周波数帯： 526.5～1605.5kHz	振幅変調

(3) 検討の進め方等

以下に、本検討で共通の考え方、進め方等を示す。なお、個々の共用検討対象システムはそれぞれ独自の特徴を有しており、利用シーンや運用条件が異なっているため、具体的な検討方法はそれぞれの検討の中で規定する。

・共用検討対象システムの事業者とブロードバンドワイヤレスフォーラム（BWF）との間で、周波数共用検討に関する情報交換会を設置して検討を行った。
・検討の組合せは、同一帯域又は隣接帯域のシステムどうしを基本とした。ただし、必要に応じてWPTの高調波による帯域内干渉も検討した。
・WPTシステムからの与干渉レベルの値は、(4)に示す「目標値」を用いた。
・被干渉システムの許容干渉レベルを設定し、所要離隔距離を導出した。ただし、許容干渉レベルの規定が困難な場合は、この限りでない。
・各 WPT システムの利用シーン等を考慮し、干渉緩和の方策を検討して所要離隔距離の改善を図った。
・干渉緩和の方策の一つとして、WPTシステムの実験データも参考にした。
・以上の結果を受けて周波数共用の可能性を判断した。ただし、必要に応じて所要離隔距離に拠らない運用上の条件を付加した共用可能性の判断も可能とした。

(4) 与干渉レベル（放射妨害波）の目標値の設定

目標値の設定に際し、以下の点を考慮した。

①放射妨害波のうち、9 kHz～30 MHzについてのみ、電界強度と磁界強度の両方で目標値を設定した。

②参考とする電波法令等が電界強度で規定されていることから、許容値の目標値の設定に際し、最初に電界強度において目標値を設定した。磁界強度については電界強度の目標値から単純に換算している。

③30 MHz 以上の放射妨害波及び伝導妨害波の目標値については明示していないが、これらについてはCISPRの関連規格が参照できる。

・電気自動車用WPT　⇒CISPR11
・家電機器用 WPT⇒WPT が搭載される製品に応じ、CISPR11、CISPR14-1 又はCISPR22(CISPR32)

以下に、対象とする WPT システムごとに設定した目標値の考え方を、またこれらを

図示したものを図 3.1-2～図 3.1-11 に示す。

ア　電気自動車用 WPT

WPT の基本周波数における目標値は、FCC Part18 Sub part C 及び開発・試作装置の測定結果を参考にして設定した。また、基本周波数以外の高周波放射妨害波の目標値については、現行電波法における電磁誘導加熱式調理器の規定（電波法施行規則第 46 条の 7）を参考にして決めている。具体的な目標値は以下のとおりである。

A　放射妨害波の電界強度

（a）利用周波数において

3kW（家庭用 WPT）　：　36.7mV/m@30m（ 91.3dBμV/m@30m ）

7.7kW（公共用 WPT）　：　58.9mV/m@30m（ 95.4dBμV/m@30m ）

（b）526.5kHz から 1606.5kHz までの周波数において

：　30μV/m@30m（ 29.5dBμV/m@30m ）

（c）上記以外　：　200μV/m@30m（ 46.0dBμV/m@30m ）

B　放射妨害波の磁界強度

（a）利用周波数において

3kW（家庭用 WPT）　：　97.5μA/m@30m（ 39.8dBμA/m@30m ）

7.7kW（公共用 WPT）　：　156μA/m@30m（ 43.9dBμA/m@30m ）

（b）526.5kHz から 1606.5kHz までの周波数において

：　0.0796μA/m@30m（ -22.0dBμA/m@30m ）

（c）上記以外　：　0.531μA/m@30m（ -5.51dBμA/m@30m ）

イ　家電機器用 WPT①

WPT の基本周波数における目標値は、開発・試作装置の測定結果を参考にして設定した。また、基本周波数以外の高周波放射妨害波の目標値については、現行電波法における電磁誘導加熱式調理器の規定（電波法施行規則第 46 条の 7）を参考にして決めている。具体的な目標値は以下のとおりである。

A　放射妨害波の電界強度

（a）利用周波数において　：　100mV/m@30m（ 100dBμV/m@30m ）

（b）526.5kHz から 1606.5kHz までの周波数において

：　30μV/m@30m（ 29.5dBμV/m@30m ）

（c）上記以外　：　100μV/m@30m（ 40.0dBμV/m@30m ）

B　放射妨害波の磁界強度

（a）利用周波数において　：　265.3μA/m@30m（ 48.5dBμA/m@30m ）

(b) 526.5kHz から 1606.5kHz までの周波数において

: 0.0796μA/m@30m (-22.0dBμA/m@30m)

(c) 上記以外 : 0.265μA/m@30m (-11.5dBμA/m@30m)

ウ 家電機器用 WPT②

WPT の基本周波数における目標値は、開発・試作装置の測定結果を参考にして設定した。また、基本周波数以外の高周波放射妨害波の目標値については、現行電波法における電磁誘導加熱式調理器の規定（電波法施行規則第 46 条の 7）を参考にして決めている。具体的な目標値は以下のとおりである。

A 放射妨害波の電界強度

(a) 利用周波数において : 1mV/m@30m (60dBμV/m@30m)

(b) 526.5kHz から 1606.5kHz までの周波数において

: 30μV/m@30m (29.5dBμV/m@30m)

(c) 上記以外 : 173μV/m@30m (44.8dBμV/m@30m)

B 放射妨害波の磁界強度

(a) 利用周波数において : 2.66μA/m@30m (8.5dBμA/m@30m)

(b) 526.5kHz から 1606.5kHz までの周波数において

: 0.0796μA/m@30m (-22.0dBμA/m@30m)

(c) 上記以外 : 0.495 μA/m@30m (-6.7dBμA/m@30m)

エ 家電機器用 WPT③

WPT の基本周波数における目標値は、開発・試作装置の測定結果を参考にして設定した。また、基本周波数以外の高周波放射妨害波の目標値については、現行電波法における電磁誘導加熱式調理器の規定（電波法施行規則第 46 条の 7）を参考にして決めている。具体的な目標値は以下のとおりである。

A 放射妨害波の電界強度

(a) 利用周波数において : 100μV/m@30m (40dBμV/m@30m)

(b) 526.5kHz から 1606.5kHz までの周波数において

: 30μV/m@30m (29.5dBμV/m@30m)

(c) 上記以外 : 100μV/m@30m (40dBμV/m@30m)

B 放射妨害波の磁界強度

(a) 利用周波数において : 0.266μA/m@30m (-11.5dBμA/m@30m)

(b) 526.5kHz から 1606.5kHz までの周波数において

: 0.0796μA/m@30m (-22.0dBμA/m@30m)

(c) 上記以外　　　　　　　：　0.266μA/m@30m（ -11.5dBμA/m@30m ）

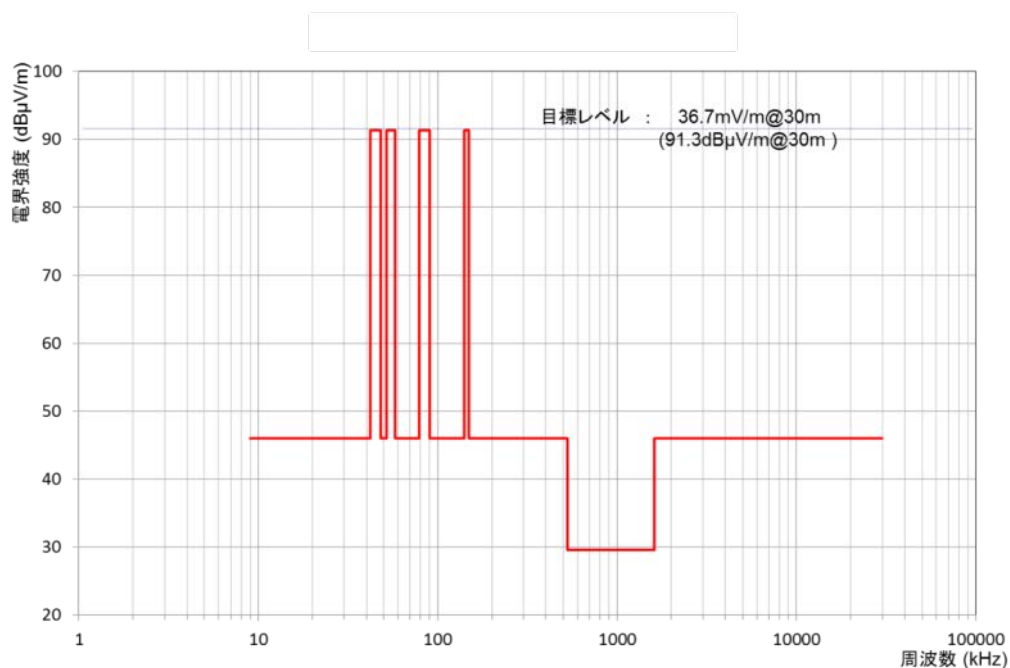



図 3.1-2　電気自動車用 WPT(家庭用 WPT（3 kW クラス））の漏えい電界強度Ⅰ

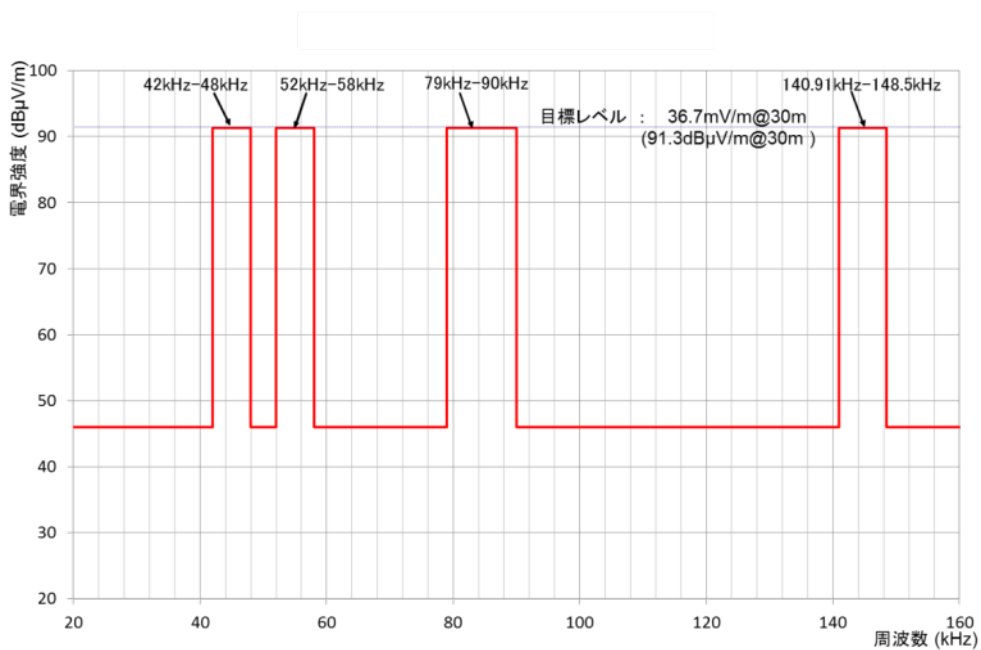



図 3.1-3　電気自動車用 WPT(家庭用 WPT（3 kW クラス））の漏えい電界強度Ⅱ

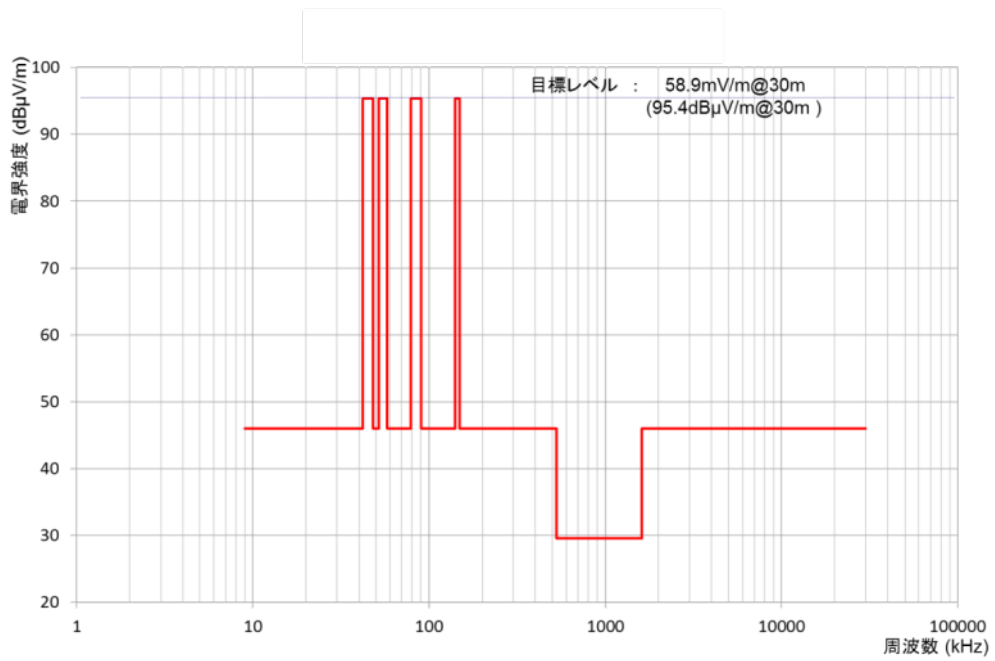



図 3.1-4 電気自動車用 WPT(公共用 WPT (7.7 kW クラス))の漏えい電界強度 I

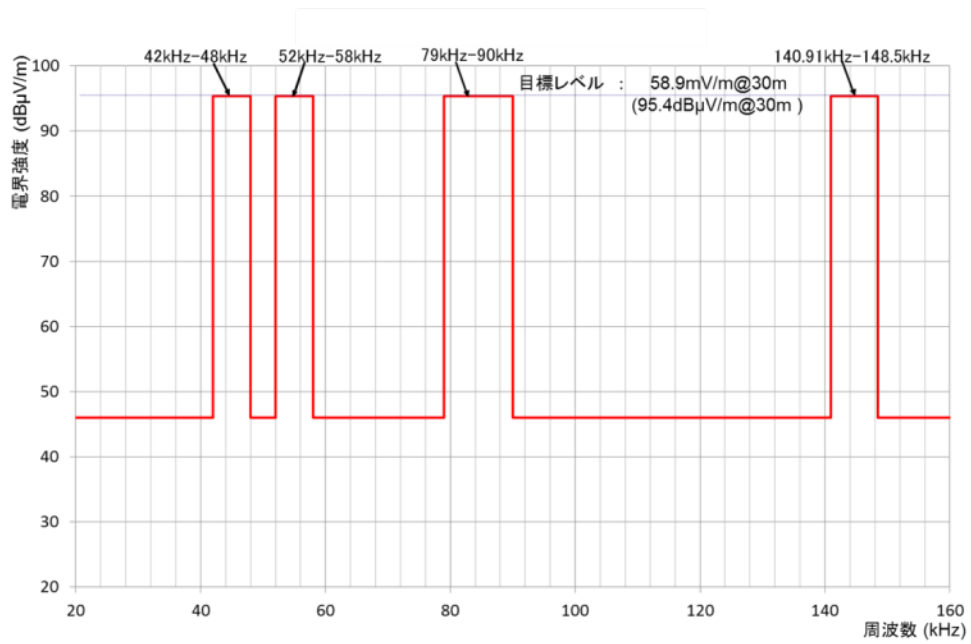



図 3.1-5 電気自動車用 WPT(公共用 WPT (7.7 kW クラス))の漏えい電界強度 II

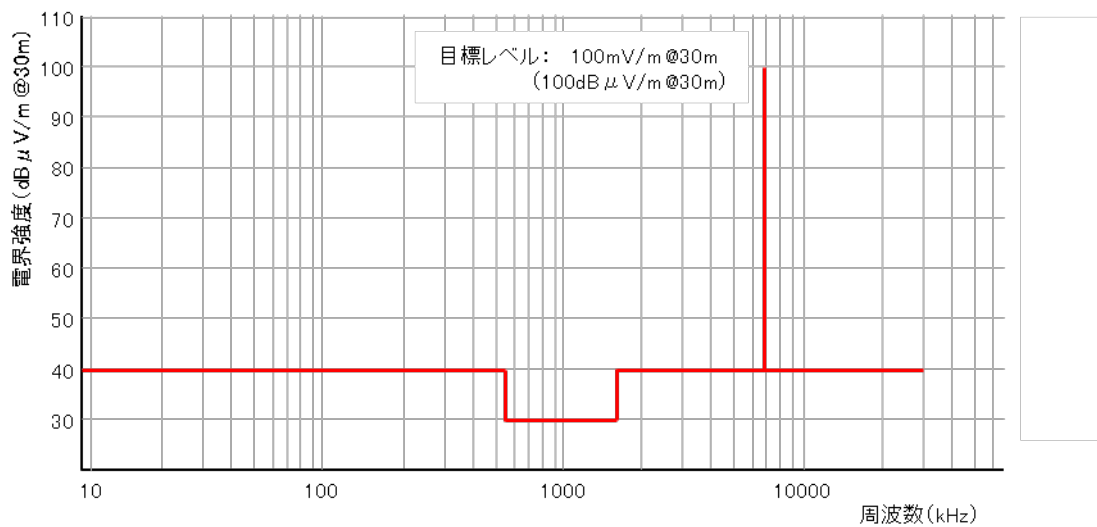



図 3.1-6　家電機器用 WPT①の漏えい電界強度Ⅰ

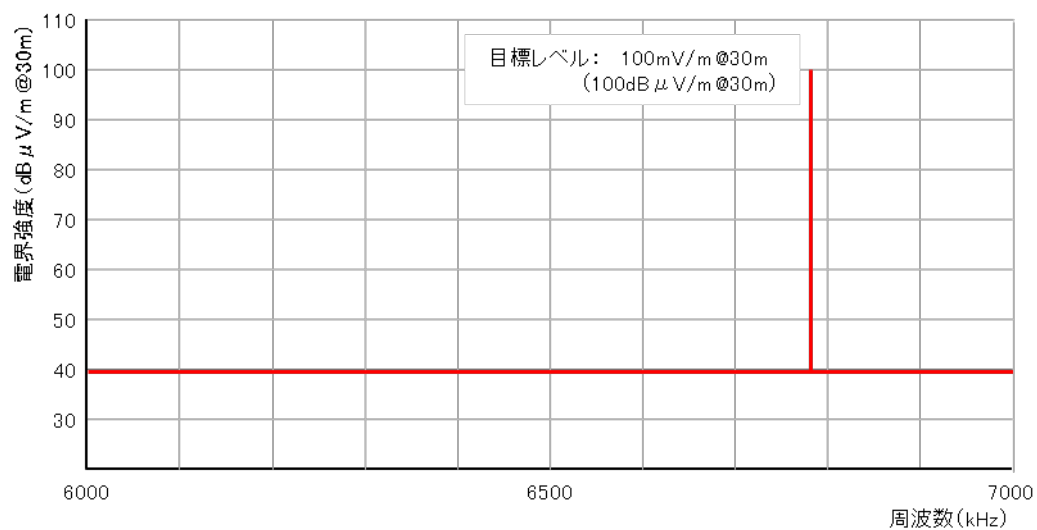



図 3.1-7　家電機器用 WPT①の漏えい電界強度Ⅱ

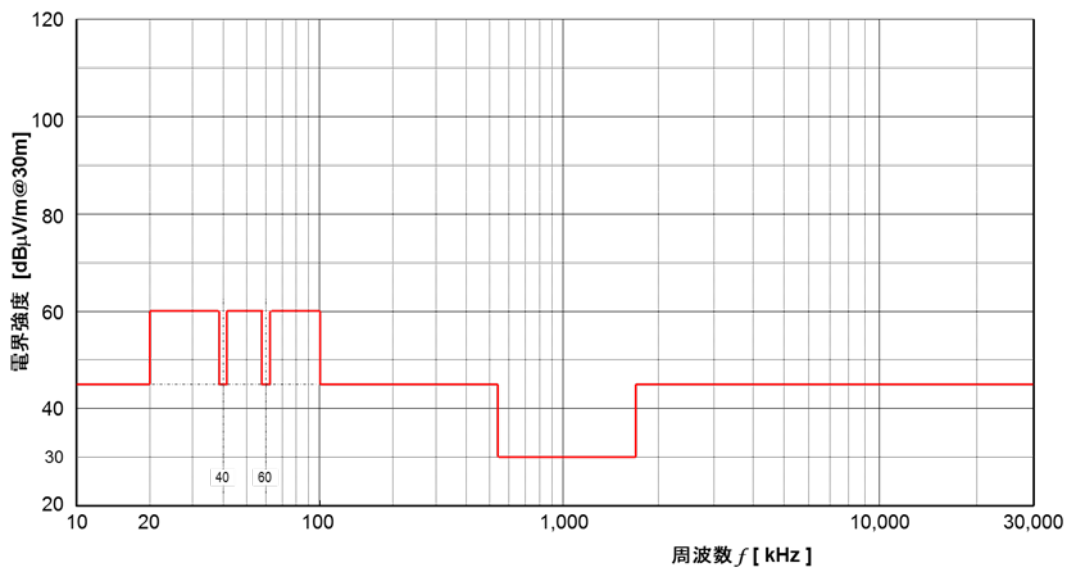



図 3.1-8　家電機器用 WPT②の漏えい電界強度Ⅰ

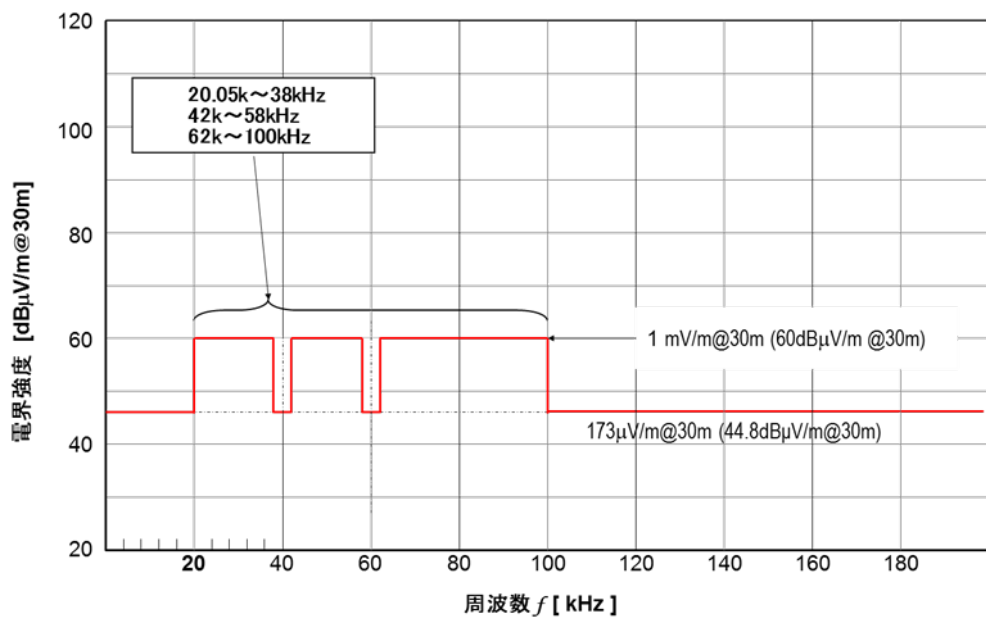



図 3.1-9　家電機器用 WPT②の漏えい電界強度Ⅱ

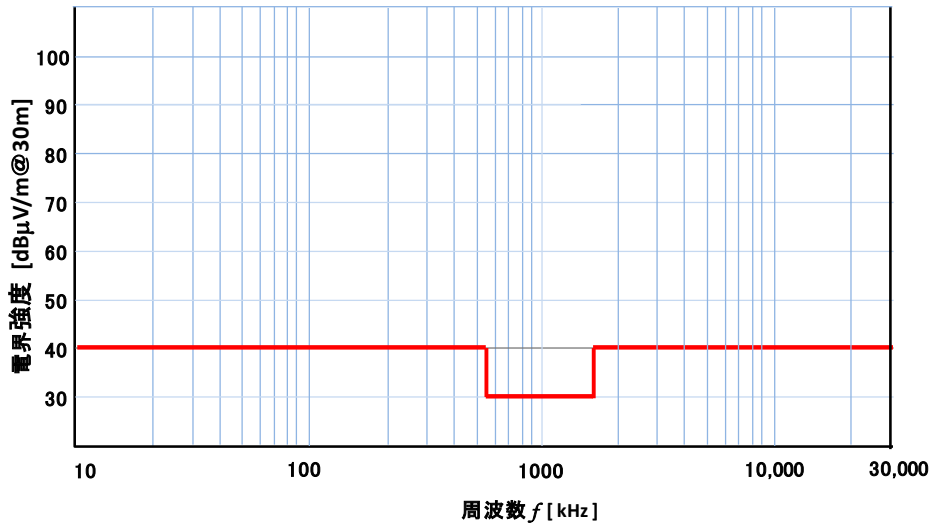



図 3.1-10　家電機器用 WPT③の漏えい電界強度Ⅰ

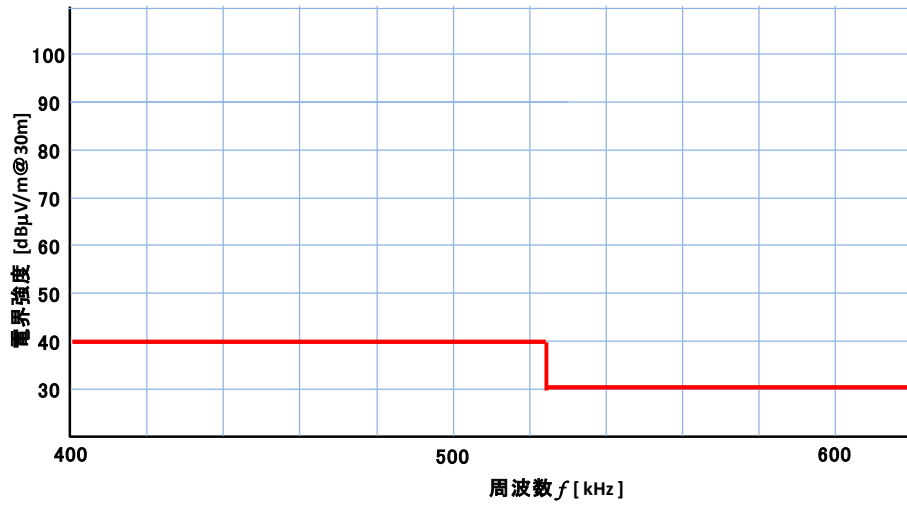



図 3.1-11　家電機器用 WPT③の漏えい電界強度Ⅱ

3.2　電波時計との共用検討

電波時計との周波数共用検討は、一般社団法人日本時計協会（以下「時計協会」という。）とBWFとの間に情報交換会を設置して行った。検討対象となるWPTシステムは、電気自動車用WPT及び家電機器用WPT②である。

まず、共用検討の前提となる電波時計の受信性能を決める最小受信感度について、独立行政法人情報通信研究機構（以下「NICT」という。）が公開している、日本の主要都市における標準電波の受信電界強度のシミュレーション値を用いて調査を行い、次いで、電波時計の干渉耐性の調査を行った。

(1) 電波時計の最小受信感度

電波時計の最小受信感度は 50dBμV/m を基本とするが、標準電波の受信電界強度の分布の実態も考慮した。

標準電波の送信はNICTによって管理されており、NICTが公開している、日本の主要都市における標準電波の受信電界強度のシミュレーション値を用いて、受信電界強度の分布の実態を調査した。ただし、標準電波の受信電界強度は、受信環境によって変動し、時刻、受信場所等が同一であっても常に同一の値が保証されるわけではないため、本調査はその大まかな傾向を示すものという位置付けとなる。

図3.2-1に示すとおり、標準電波は、おおたかどや山標準電波送信所（40kHz：福島県）と、はがね山標準電波送信所（60kHz：佐賀県）の2局からの送信で日本全土をカバーしている。

図 3.2-1 標準電波送信所受信エリア

図 3.2-2 及び図 3.2-3 に、標準電波の電界強度（冬期の例）を示す。おおたかどや山標準電波送信所は、比較的日本国土の中央に位置するため、離島を除いて受信電界強度が日本全土に平均的に分布していることが分かる。

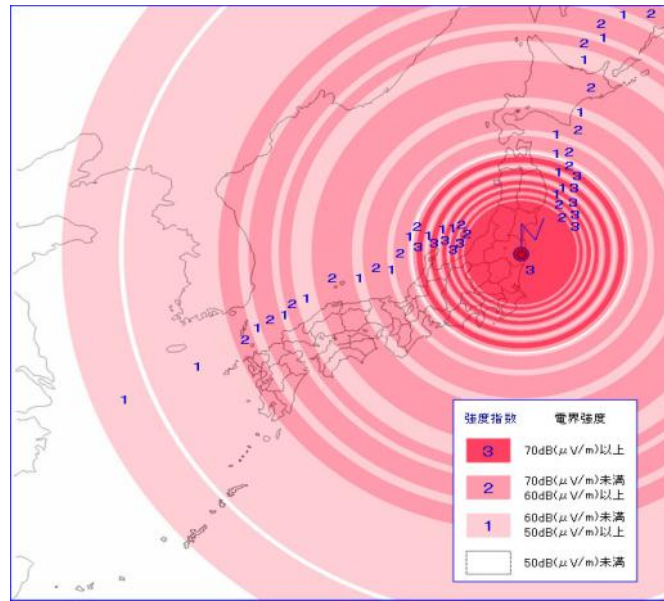



図 3.2-2 おおたかどや山標準電波送信所

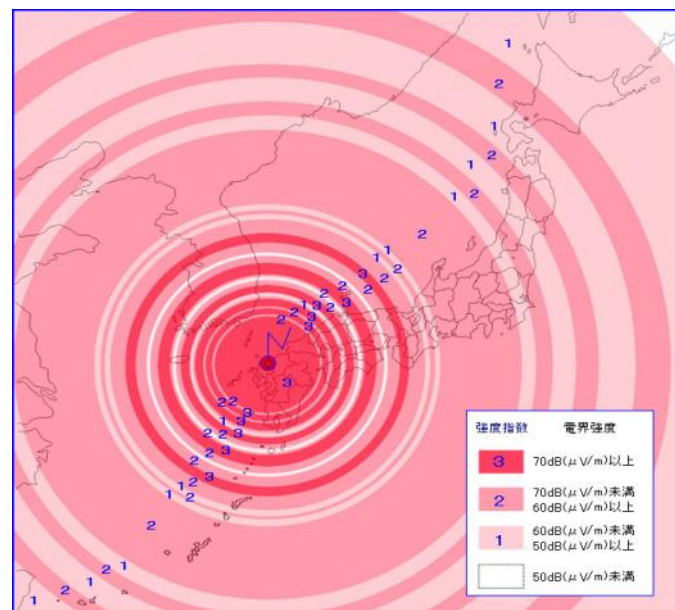



図 3.2-3　はがね山標準電波送信所

受信電界強度の全国的な分布を調査するため、図 3.2-4 に示すように、それぞれの送信所から最も遠い稚内市及び石垣市並びに双方からの中間地点にある神戸市の 3 箇所を対象に、NICT が公開している標準電波の受信電界強度のシミュレーション値を用いて調査を行った。

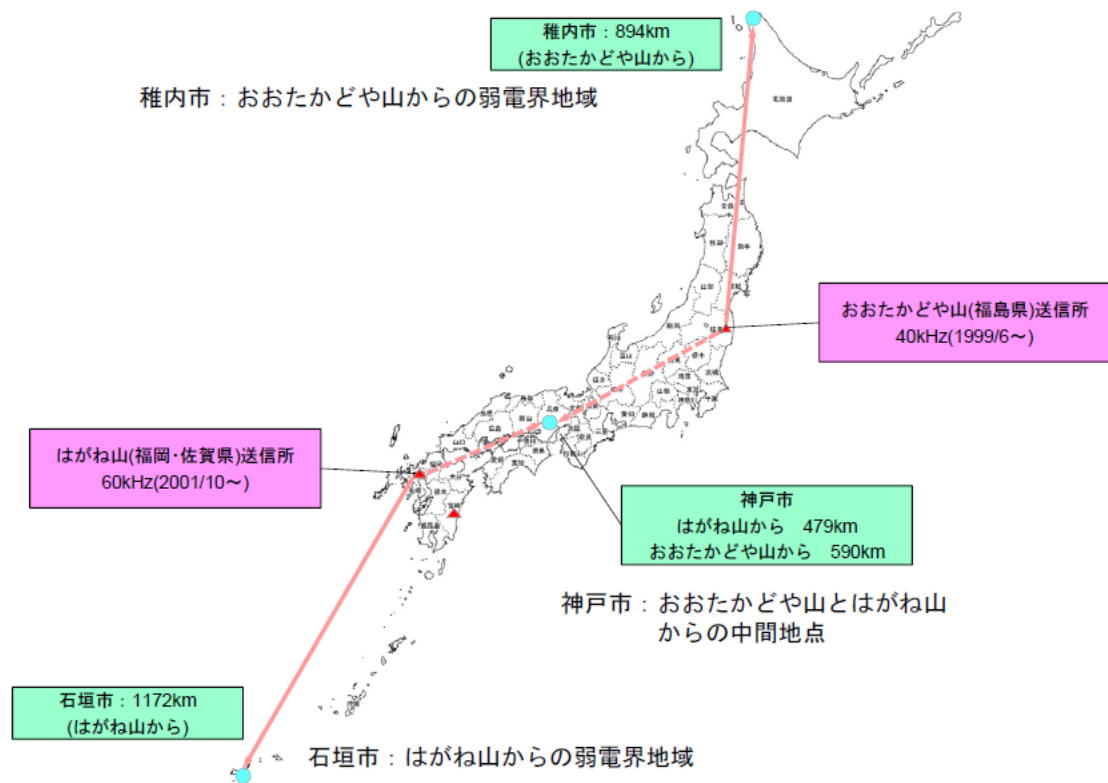



図 3.2-4 標準電波の電界強度調査地点（NICT が公開しているシミュレーション実施地点）

標準電波の伝搬特性に影響を与える太陽の黒点活動周期（約 11 年）を考慮して、NICT が公開している 2004 年から 2014 年の 11 年間の受信電界強度データを対象に、以下の調査を行った。

・おおたかどや山送信所のサービスエリア（送信所から 50 dBμV/m 以上の電界強度で標準電波を受信できる範囲をいう。）内で最も遠方の稚内市において、電波時計の自動受信がよく行われる時間帯の午前 2 時～5 時（以下「ゴールデンタイム」という。）の受信電界強度を調査した。
・はがね山送信所のサービスエリア内で最も遠方の石垣市において、ゴールデンタイムの受信電界強度を調査した。
・両方の送信所からの受信が可能な中間地域のエリアにおいて、ゴールデンタイムの受信電界強度を調査した。

図 3.2-5～図 3.2-7 は、おおたかどや山標準電波（40kHz）の稚内市における受信電界強度を調査した結果である。全時間帯において 50dBμV/m 以上の電界強度が確保できていることが分かる。

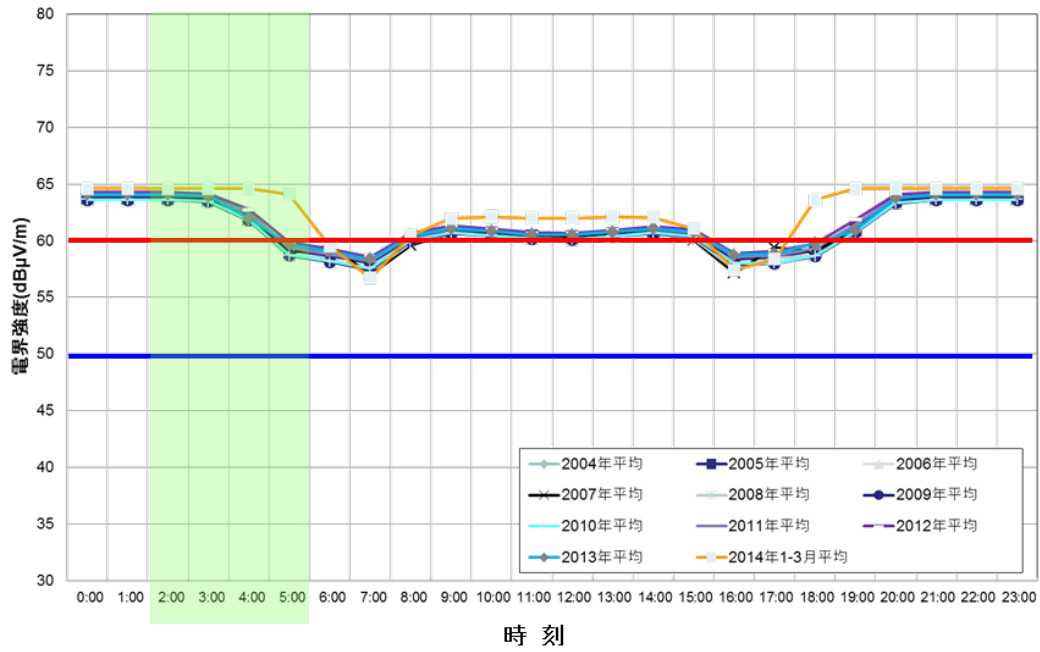



図 3.2-5　各時刻における電界強度のシミュレーション値（年平均値）
送信所：おおたかどや山（40kHz）　受信場所：稚内市

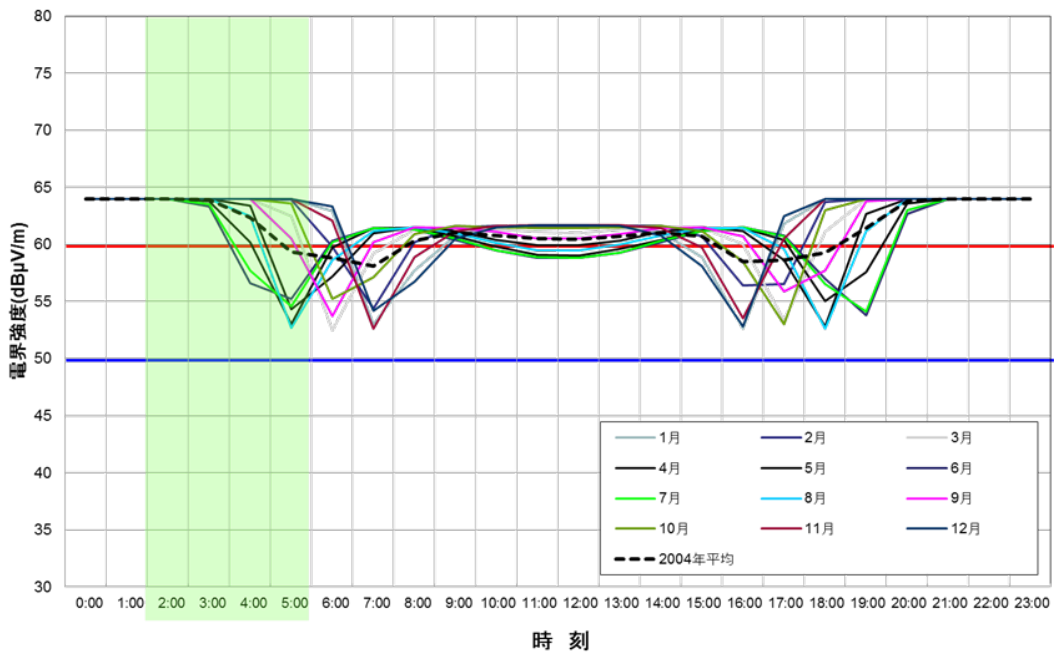



図 3.2-6　各時刻における電界強度のシミュレーション値（2004 年月平均値）
送信所：おおたかどや山（40kHz）　受信場所：稚内市

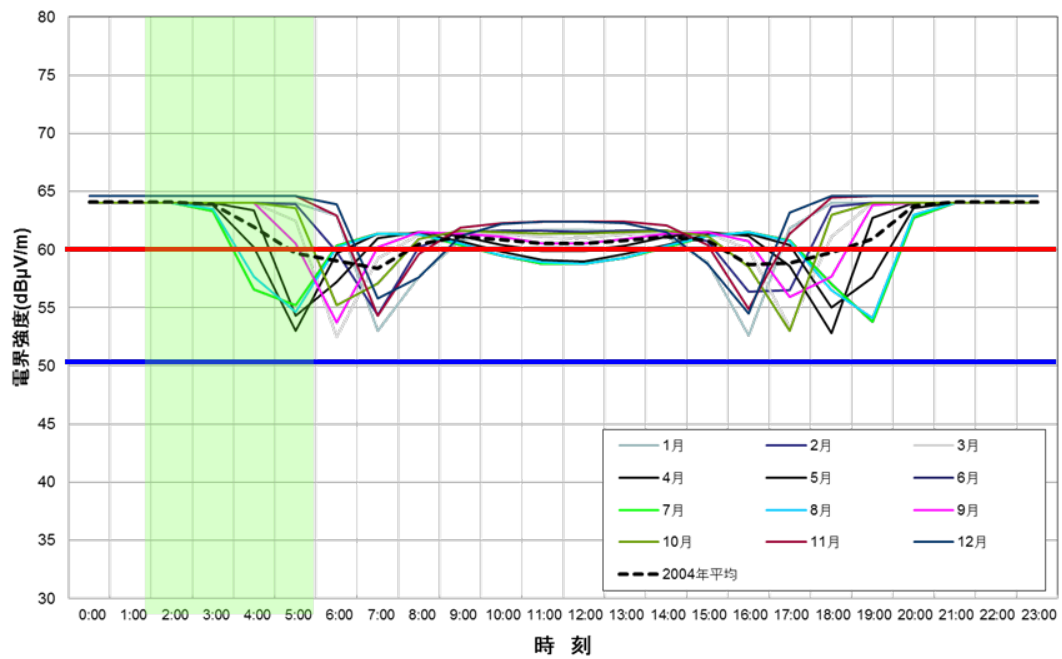



図 3.2-7　各時刻における電界強度のシミュレーション値（2013 年月平均値）
送信所：おおたかどや山（40kHz）　 受信場所：稚内市

図 3.2-8～図 3.2-10 は、はがね山標準電波（60kHz）の石垣市における受信電界強度を調査した結果である。ゴールデンタイムでは、ほぼ 60dBμV/m 以上の受信電界強度が確保できている。

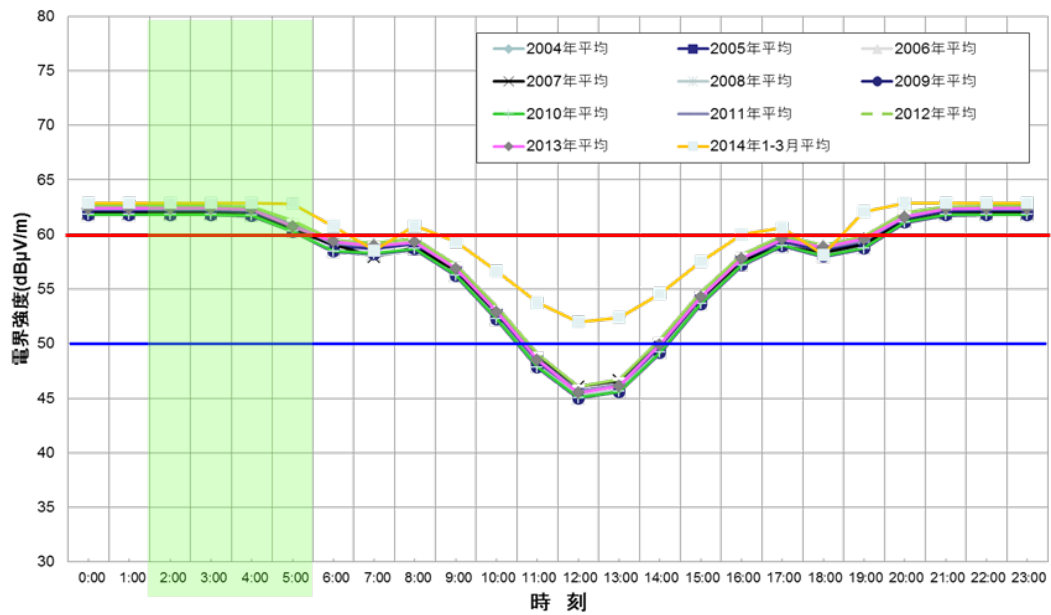



図 3.2-8　各時刻における電界強度のシミュレーション値（年平均値）
送信所：はがね山（60kHz）　受信場所：石垣市

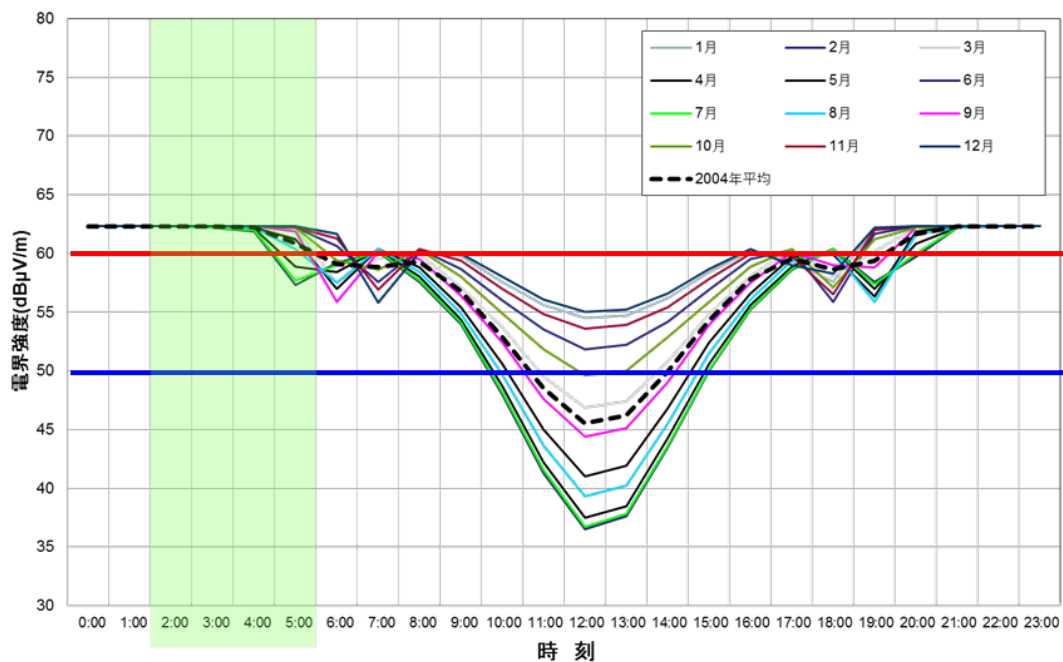



図 3.2-9　各時刻における電界強度のシミュレーション値（2004 年月平均値）
送信所：はがね山（60kHz）　受信場所：石垣市

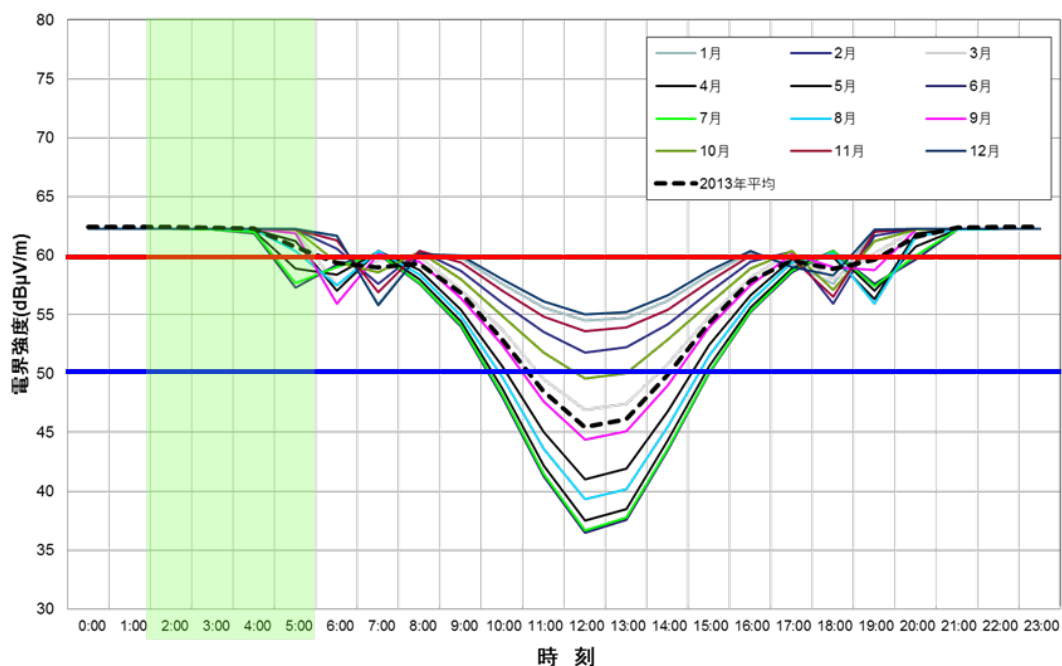



図 3.2-10　各時刻における電界強度のシミュレーション値（2013 年月平均値）
送信所：はがね山（60kHz）　受信場所：石垣市

以上の結果から、おおたかどや山（福島県：40kHz）標準電波送信所のサービスエリア内での受信電界強度は、50dBμV/m 以上を確保できていることがわかる。また、おおたかどや山標準電波送信所のサービスエリア外となる最も遠方の石垣市については、はがね山（60kHz）標準電波送信所からの標準電波の受信電界強度が、ゴールデンタイム（午前 2 時～5 時）におおむね 60dBμV/m を確保できている。さらに、神戸市のような両方の送信所からの同等の受信が可能な場所におけるゴールデンタイムの受信電界強度は、いずれかの送信所からの標準電波の受信電界強度が 50dBμV/m 以上を確保できている。

受信電界強度は常に変化しており、また、これらのデータは特定の位置におけるシミュレーションに基づくものであり、対象地域全ての電界強度値を担保するものではないが、受信電界強度の水準や変化傾向を判断する上で、十分に信頼性の高いデータであると評価できる。よって、調査結果に基づき、おおたかどや山標準電波送信所からの標準電波の最小受信電界強度を 50dBμV/m、はがね山標準電波送信所からの標準電波の最小受信電界強度を 60dBμV/m として、干渉検討をすることが妥当であると判断した。

(2) 電波時計の許容干渉レベル

電波時計の標準的な受信システムを図 3.2-11 に示す。電波時計の受信システムにおいて、主に許容干渉レベルを決定するのは共振回路を使用するアンテナと、フィルタ回路である。アンテナの Q 値を大きくとることはデザイン制約もあり難しい。フィルタ回路は、一般的には水晶フィルタで構成され、各社の間に大きな差はない。クロックとウオッチではクロックのほうがアンテナの性能を得やすいので許容干渉レベルの性能は良い。

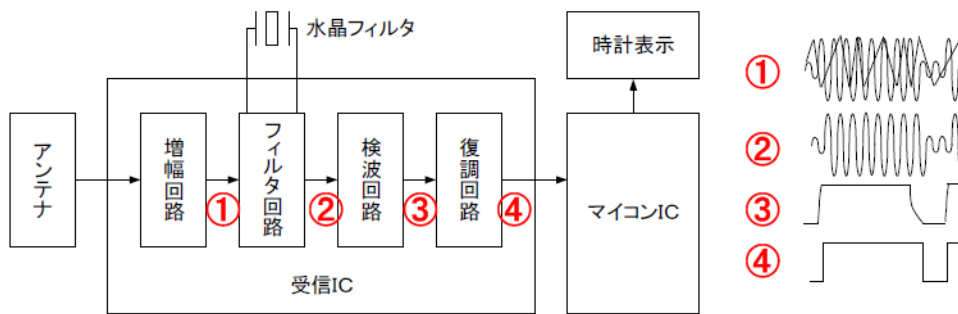



図 3.2-11　電波時計の標準的な受信システム

電波時計の許容干渉レベルを図 3.2-12～図 3.2-14 に示す。

希望波を 50dBμV/m とした場合、電波時計製造メーカの代表的な製品の耐妨害波の測定値から近似して作成した。図 3.2-12 は電気自動車用 WPT のうち公共用 WPT (7.7kW クラス) の漏えい電界を 10m に換算し、電波時計の許容干渉レベルを重ねたもので、図 3.2-13 は電気自動車用 WPT のうち家庭用 WPT (3 kW クラス) の漏えい電界を 10m に換算し、電波時計の許容干渉レベルを重ねたものである。図 3.2-14 は家電機器の WPT 漏えい電界を 10m に換算し、電波時計の許容干渉レベルを重ねたものである。図の各周波数で、電波時計の許容干渉レベル以上の漏えい電界が入力されると、電波時計は受信できないと予想される。

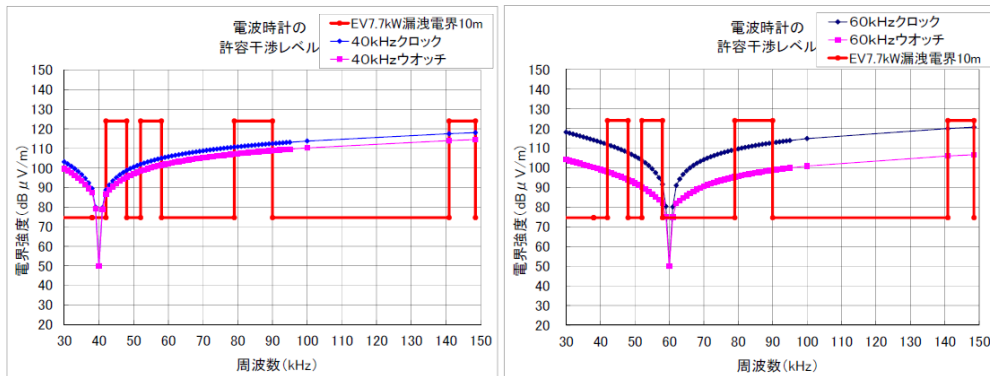



図 3.2-12　電波時計の許容干渉レベルと公共用の電気自動車用 WPT による

目標漏えい電界強度との関係

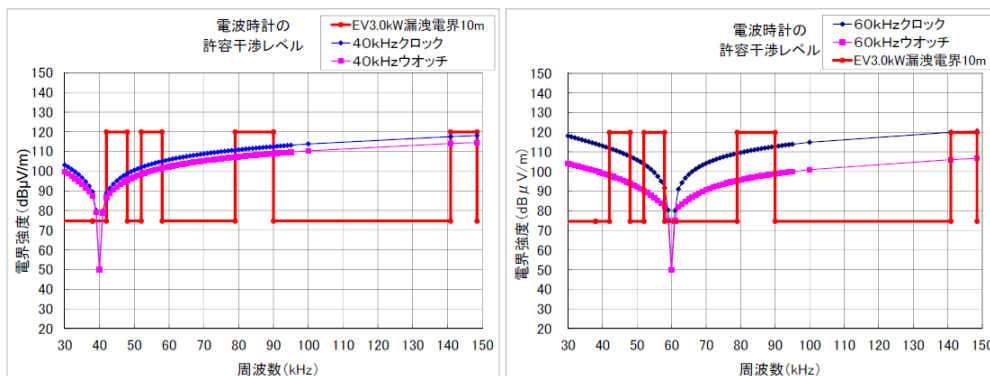



図 3.2-13　電波時計の許容干渉レベルと家庭用の電気自動車用 WPT による目標漏えい電界強度との関係

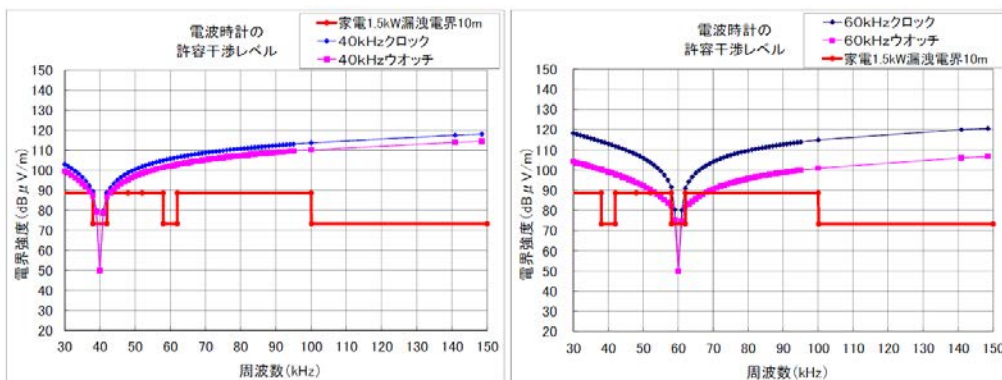



図 3.2-14　電波時計の許容干渉レベルと家電機器用 WPT②（家庭・オフィス機器）による目標漏えい電界強度との関係

3.2.1　電気自動車用 WPT

(1)　検討の進め方

電波時計との周波数共用検討の進め方は、以下のとおりである。

- 電波時計の最小受信感度は、3.2(1)での検討結果を踏まえ、おおたかどや山標準電波送信所からの 50dBμV/m か、はがね山標準電波送信所からの 60dBμV/m のいずれかが確保されているものとした。
- 電波時計の許容干渉レベルは、時計協会から提示された値を用いた。
- 電気自動車用 WPT の電力伝送波は無変調連続波であり、WPT 基本波及び整数次高調波が電波時計の受信周波数と一致していないことから、電波時計への周波数帯域内干渉は起こり得ないものと判断し、電波時計の受信周波数帯域外への WPT 基本

波の影響を対象とした。

・所要離隔距離の基準は、CISPR 上の「住宅環境」においては、10m 以内の距離に存在する無線通信機器が保護の対象とされていることを考慮し、10m とした。

(2) 干渉検討モデル

WPT システムは、図 3.2.1-1 に示すように屋外に設置され、電波時計は隣接する家屋の屋内に静置されているモデルを想定した。電波時計は、クロックとウオッチの 2 種類を検討対象とした。電波時計の許容干渉量は、C/I 基準とする。I は WPT から電波時計に届く干渉レベルであり、C は標準電波送信所から電波時計に届く信号電力レベルである。

図 3.2.1-1　電気自動車用 WPT と電波時計の干渉検討モデル

(3) 干渉計算

机上計算により所要離隔距離を計算した。計算結果を表 3.2.1-1 に示す。

表 3.2.1-1　所要離隔距離の計算結果（電気自動車用 WPT）

【クロック】

電波時計利用周波数	EV/PHEV WPT バンド	利用周波数 (kHz)	最大放射レベル @30m (dBuV/m)	周波数外干渉許容レベル (dBuV/m)	所要離隔距離 (m)
40kHz	42-48kHz	42	95.4	88.8	38.6
	52-58kHz	52	95.4	101.9	23.4
	79-90kHz	79	95.4	110.7	16.7
	140.91-148.5kHz	140.9	95.4	117.0	13.1
60kHz	42-48kHz	48	95.4	107.7	18.7
	52-58kHz	58	95.4	101.6	23.6
	79-90kHz	79	95.4	119.2	12.0
	140.91-148.5kHz	140.9	95.4	129.0	8.3

【ウォッチ】

電波時計利用周波数	EV/PHEV WPT バンド	利用周波数 (kHz)	最大放射レベル @30m (dBuV/m)	周波数外干渉許容レベル (dBuV/m)	所要離隔距離 (m)
40kHz	42-48kHz	42	95.4	86.7	41.9
	52-58kHz	52	95.4	98.4	26.7
	79-90kHz	79	95.4	107.1	19.1
	140.91-148.5kHz	140.9	95.4	109.0	17.8
60kHz	42-48kHz	48	95.4	103.9	21.6
	52-58kHz	58	95.4	92.3	33.8
	79-90kHz	79	95.4	105.4	20.4
	140.91-148.5kHz	140.9	95.4	116.0	13.6

(4) 干渉緩和の方策等

前述のように、42-48kHz 帯、52-58kHz 帯、79-90kHz 帯及び 140.91-148.5kHz 帯の全ての周波数帯で、所要離隔距離が 10m を上回っている。

そこで、以下のとおり干渉緩和の方策について検討を行った。

（ア）家庭用 WPT（3 kW クラス）による緩和

電気自動車用 WPT については、図 3.1-2 から図 3.1-5 までに示すように「家庭用 WPT（3 kW クラス）」と「公共用 WPT（7.7 kW クラス）」の 2 種類を想定している。

所要離隔距離の基準については、本節「(1)検討の進め方」において、CISPR 上の「住宅環境」においては、10m 以内の距離に存在する無線通信機器が保護の対象とされていることを考慮し、10m としたところであり、「家庭用 WPT（3 kW クラス）」については、この考え方を適用することが適当であると考えられる。

しかしながら、「公共用 WPT（7.7 kW クラス）」については、より長い離隔距離が

確保される環境での運用が一般的であると想定される。例えば、現在運用されている有線の電気自動車用の充電器のうち「公共用 WPT（7.7 kW クラス）」に相当する急速充電器については、事業者のみが設置しており、一般家庭では運用されていない。加えて、騒音防止等の観点から、有線の電気自動車用の充電器については、業界団体の自主規制により一般住宅から 20m 以上離隔した状態での運用がなされている。「公共用 WPT（7.7 kW クラス）」についても、実用化後、普及段階に達するまでの間には業界団体が設立され、有線の電気自動車用の充電器と同等の運用が行われることが想定されるため、電気自動車用 WPT のうち「公共用 WPT（7.7 kW クラス）」については所要離隔距離が 20m を上回っているかどうかが 1 つの基準になるものと考えられる。

共用検討の対象を「家庭用 WPT（3 kW クラス）」に限定した場合、所要離隔距離は表 3.2.1-2 のとおり算出される。

表 3.2.1-2　所要離隔距離の計算結果（電気自動車用 WPT のうち家庭用 WPT（3 kW クラス））

【クロック】

電波時計利用周波数	EV/PHEV WPT バンド	利用周波数 (kHz)	最大放射レベル @30m (dBuV/m)	周波数外干渉許容レベル (dBuV/m)	所要離隔距離 (m)
40kHz	42-48kHz	42	91.3	88.8	33.0
	52-58kHz	52	91.3	101.9	20.0
	79-90kHz	79	91.3	110.7	14.2
	140.91-148.5kHz	140.9	91.3	117.0	11.2
60kHz	42-48kHz	48	91.3	107.7	16.0
	52-58kHz	58	91.3	101.6	20.2
	79-90kHz	79	91.3	119.2	10.3
	140.91-148.5kHz	140.9	91.3	129.0	7.1

【ウォッチ】

電波時計利用周波数	EV/PHEV WPT バンド	利用周波数 (kHz)	最大放射レベル @30m (dBuV/m)	周波数外干渉許容レベル (dBuV/m)	所要離隔距離 (m)
40kHz	42-48kHz	42	91.3	86.7	35.8
	52-58kHz	52	91.3	98.4	22.8
	79-90kHz	79	91.3	107.1	16.4
	140.91-148.5kHz	140.9	91.3	109.0	15.2
60kHz	42-48kHz	48	91.3	103.9	18.5
	52-58kHz	58	91.3	92.3	28.9
	79-90kHz	79	91.3	105.4	17.5
	140.91-148.5kHz	140.9	91.3	116.0	11.6

（イ）安定性設計による緩和

自動車業界においては、製造販売される製品の製造者責任を確保するため、製品の品質にばらつきが生じることを前提として、強制規格値から一定の設計余裕度を持たせた安定性設計を行うことが一般的であることから、これを干渉緩和の要素として組み込むことができる。電気自動車用 WPT については、設計上 6dB の余裕度を見込むことが想定されており、この値を適用した場合の所要離隔距離は表 3.2.1-3 のとおり算出される。

なお、全ての製品についてこの 6dB という設計上の余裕度が担保される訳ではないが、多くの製品の平均的な実態を表しているため、共用検討の実態を表す検討結果としては妥当だと考えられる。

表 3.2.1-3　所要離隔距離の計算結果

（電気自動車用 WPT のうち家庭用 WPT（3 kW クラス）（安定性設計を考慮））

【クロック】

電波時計利用周波数	EV/PHEV WPT バンド	利用周波数 (kHz)	最大放射レベル @30m (dBuV/m)	周波数外干渉許容レベル (dBuV/m)	所要離隔距離 (m)
40kHz	42-48kHz	42	85.3	88.8	26.2
	52-58kHz	52	85.3	101.9	15.9
	79-90kHz	79	85.3	110.7	11.3
	140.91-148.5kHz	140.9	85.3	117.0	8.9
60kHz	42-48kHz	48	85.3	107.7	12.7
	52-58kHz	58	85.3	101.6	16.0
	79-90kHz	79	85.3	119.2	8.2
	140.91-148.5kHz	140.9	85.3	129.0	5.6

【ウォッチ】

電波時計利用周波数	EV/PHEV WPT バンド	利用周波数 (kHz)	最大放射レベル @30m (dBuV/m)	周波数外干渉許容レベル (dBuV/m)	所要離隔距離 (m)
40kHz	42-48kHz	42	85.3	86.7	28.4
	52-58kHz	52	85.3	98.4	18.1
	79-90kHz	79	85.3	107.1	13.0
	140.91-148.5kHz	140.9	85.3	109.0	12.1
60kHz	42-48kHz	48	85.3	103.9	14.7
	52-58kHz	58	85.3	92.3	22.9
	79-90kHz	79	85.3	105.4	13.9
	140.91-148.5kHz	140.9	85.3	116.0	9.2

(5) 検討結果

(ア)42kHz 以上 48kHz 以下

干渉緩和要素を考慮した場合であっても、表 3.2.1-3 より所要離隔距離が最大で「28.4m」となっており、所要離隔距離の基準である「10m」を大きく超過している。

(イ)52kHz 以上 58kHz 以下

干渉緩和要素を考慮した場合であっても、表 3.2.1-3 より所要離隔距離が最大で「22.9m」となっており、所要離隔距離の基準である「10m」を大きく超過している。

(ウ)79kHz 以上 90kHz 以下

電気自動車用 WPT のうち「公共用 WPT (7.7 kW クラス)」については、表 3.2.1-1 より所要離隔距離が最大で「20.4m」となっている。前述のとおり、現在運用されている有線の電気事業者の充電器のうち、急速充電器に相当する「公共用 WPT (7.7 kW クラス)」については、電気自動車用 WPT の普及推進を担う業界団体等によって「一般の住宅環境では運用せず事業者のみが設置するものであること」及び「設置の際に一般の住宅環境から 20m 以上の離隔距離をもって運用するものであること」が担保されれば、共用条件を満たすものと考えられる。また、将来、「公共用 WPT (7.7 kW クラス)」の漏えい電界強度を「家庭用 WPT (3 kW クラス)」の漏えい電界強度以下に低減できる場合には、下記のとおり共用条件を満たすものと考えられる。

電気自動車用 WPT のうち「家庭用 WPT (3 kW クラス)」については、干渉緩和要素を考慮した場合に表 3.2.1-3 より所要離隔距離が最大で「13.9m」となっており、所要離隔距離の基準である「10m」を超過している。しかしながら、電波時計のうちウオッチについては、将来的に回路設計の改良等によりクロック並みの耐干渉性を有することが期待されており、これを考慮した場合の所要離隔距離は表 3.2.1-3 より「11.3m」となる。この場合でも、目標値である「10m」を超過しているが、電気自動車用 WPT については、利用時間帯が電波時計の受信時間帯と必ずしも重なる訳ではないこと、電波時計の受信指向性の最大方向と電気自動車用 WPT の基本波の到来方向が必ずしも一致する訳ではないこと等を踏まえると、実質的な運用上の支障が生じる可能性は高くないものと考えられ、WPT システムの取扱説明書や製品本体等に「電波時計への混信妨害の可能性がある」旨を明示し、消費者への注意喚起を行うことにより干渉回避が可能となるものと考えられる。また、所要離隔距離が基準である「10m」を超過していることを踏まえ、WPT システムの基本波の漏えい電界強度を低減させるための研究開発を推進していくことが期待される。

したがって、79kHz 以上 90kHz 以下については、共用条件を満たすものと考えられる。

(エ)140.91kHz 以上 148.5kHz 以下

電気自動車用 WPT のうち「公共用 WPT（7.7 kW クラス)」については、表 3.2.1-1 より所要離隔距離が最大で「17.8m」となっている。現在運用されている有線の電気事業者の充電器のうち、急速充電器に相当する「公共用 WPT（7.7 kW クラス)」については、電気自動車用 WPT の普及推進を担う業界団体等によって「一般の住宅環境では運用せず事業者のみが設置するものであること」及び「設置の際に一般の住宅環境から 20m 以上の離隔距離をもって運用するものであること」が担保されれば、共用条件を満たすものと考えられる。また、将来、「公共用 WPT（7.7 kW クラス)」の漏えい電界強度を「家庭用 WPT（3 kW クラス)」の漏えい電界強度以下に低減できる場合には、下記のとおり共用条件を満たすものと考えられる。

電気自動車用 WPT のうち「家庭用 WPT（3 kW クラス)」については、干渉緩和要素を考慮した場合に表 3.2.1-3 より所要離隔距離が最大で「12.1m」となっており、所要離隔距離の基準である「10m」を超過している。しかしながら、電波時計のうちウオッチについては、将来的に回路設計の改良等によりクロック並みの耐干渉性を有することが期待されており、これを考慮した場合の所要離隔距離は表 3.2.1-3 より「8.9m」となる。この場合には、所要離隔距離の基準である「10m」の範囲内にある。また、電気自動車用 WPT については、利用時間帯が電波時計の受信時間帯と必ずしも重なる訳ではないこと、電波時計の受信指向性の最大方向と電気自動車用 WPT の基本波の到来方向が必ずしも一致する訳ではないこと等を踏まえると、実質的な運用上の支障が生じる可能性は高くないものと考えられ、WPT システムの取扱説明書や製品本体等に「電波時計への混信妨害の可能性がある」旨を明示し、消費者への注意喚起を行うことにより干渉回避が可能となるものと考えられる。また、所要離隔距離が基準である「10m」を超過していることを踏まえ、WPT システムの基本波の漏えい電界強度を低減させるための研究開発を推進していくことが期待される。

したがって、140.91kHz 以上 148.5kHz 以下については、共用条件を満たすものと考えられる。

3.2.2 家電機器用 WPT②（家庭・オフィス機器）

(1) 検討の進め方

- 電波時計の最小受信感度は、50dBμV/m とした。
- 電波時計の許容干渉レベルは、時計協会から提示された値を用いた。
- 家電機器用 WPT②の電力伝送波は無変調連続波であるが、整数次高調波が電波時計の受信周波数と一致することから、電波時計の受信周波数帯域外への WPT 基本波の影響と電波時計への周波数帯域内干渉を対象とした。
- 許容可能な離隔距離は、CISPR 上の「住宅環境」においては、10m 以内の距離に存在する無線通信機器が保護の対象とされていることを考慮し、10m とした。ただし、家

電機器用 WPT②については主に屋内で利用され、同一家屋内に電波時計が存在する可能性を考慮し、所要離隔距離は定めずに実利用環境を考察した検討も併せて行う。

(2) 干渉検討モデル

WPT システムは、下記の図に示すような同一家屋の屋内(図 3.2.2-1)又は隣接家屋の屋内(図 3.2.2-2)に設置され、電波時計は屋内に静置されているモデルを想定した。電波時計は、クロックとウオッチの 2 種類を想定した。電波時計の許容干渉量は C/I 基準とすることとなった。I は WPT から電波時計に届く干渉レベルであり、C は標準電波送信所から電波時計に届く信号電力レベルである。

図 3.2.2-1 WPT システムの設置モデル（同一家屋）

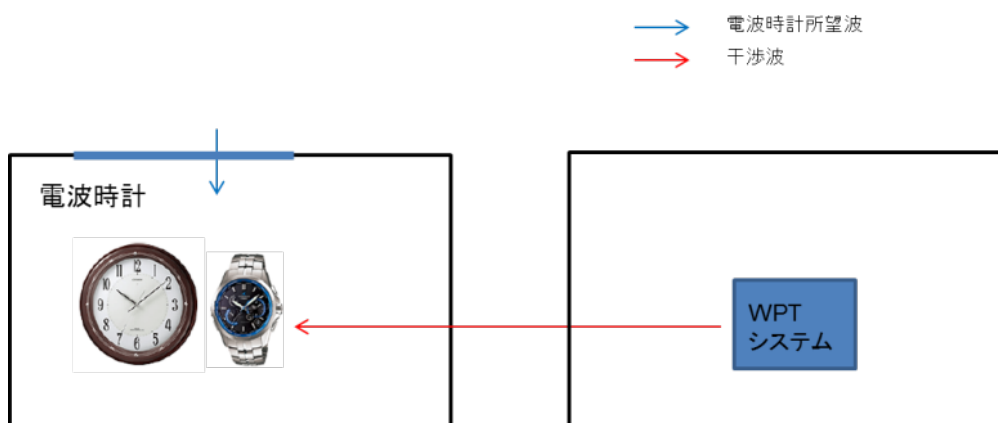



図 3.2.2-2 WPT システムの設置モデル（隣接家屋）

(3) 干渉計算

机上計算により所要離隔距離を計算した。計算結果を表に示す。表 3.2.2-1 は電波時計に対する周波数帯域外干渉の所要離隔距離であり、表 3.2.2-2 は電波時計に対する周波数帯域内干渉の所要離隔距離である。

表 3.2.2-1 電波時計周波数帯域外干渉（家電機器用 WPT②）

【クロック】

電波時計利用周波数	家電・オフィス機器 WPT バンド	利用周波数 (kHz)	最大放射レベル @30m (dBuV/m)	周波数外干渉許容レベル (dBuV/m)	所要離隔距離 (m)
40kHz	20.05-38kHz	38	60.0	89.5	9.7
	42-58kHz	42	60.0	88.8	9.9
	62-100kHz	62	60.0	106.5	5.0
60kHz	20.05-38kHz	38	60.0	114.1	3.8
	42-58kHz	58	60.0	91.6	8.9
	62-100kHz	62	60.0	91.0	9.1

【ウォッチ】

電波時計利用周波数	家電・オフィス機器 WPT バンド	利用周波数 (kHz)	最大放射レベル @30m (dBuV/m)	周波数外干渉許容レベル (dBuV/m)	所要離隔距離 (m)
40kHz	20.05-38kHz	38	60.0	87.4	10.5
	42-58kHz	42	60.0	86.7	10.8
	62-100kHz	62	60.0	103.0	5.8
60kHz	20.05-38kHz	38	60.0	100.2	6.4
	42-58kHz	58	60.0	82.3	12.7
	62-100kHz	62	60.0	81.9	12.9

表 3.2.2-2 電波時計周波数帯域内干渉（家電機器用 WPT②）

【クロック】

電波時計	家電・オフィス機器 WPT			干渉緩和要素案		周波数内	所要離隔
利用周波数	バンド（第2高調波）	利用周波数 (kHz)	最大放射レベル @30m (dBuV/m)	WPT側緩和要素 (dB)	電波時計側緩和要素 (dB)	干渉許容レベル (dBuV/m)	距離 (m)
40kHz	20.05kHz x 2	40.1	44.8	0.0	0.0	50.0	24.6
	21kHz x 2	42	44.8	0.0	0.0	88.8	5.5
60kHz	29kHz x 2	58	44.8	0.0	0.0	91.6	5.0
	30kHz x 2	60	44.8	0.0	0.0	50.0	24.6
	31kHz x 2	62	44.8	0.0	0.0	91.0	5.1

【ウォッチ】

電波時計	家電・オフィス機器 WPT			干渉緩和要素案		周波数内	所要離隔
利用周波数	バンド（第2高調波）	利用周波数 (kHz)	最大放射レベル @30m (dBuV/m)	WPT側緩和要素 (dB)	電波時計側緩和要素 (dB)	干渉許容レベル (dBuV/m)	距離 (m)
40kHz	20.05kHz x 2	40.1	44.8	0.0	0.0	50.0	24.6
	21kHz x 2	42	44.8	0.0	0.0	86.7	6.0
60kHz	29kHz x 2	58	44.8	0.0	0.0	82.3	7.1
	30kHz x 2	60	44.8	0.0	0.0	50.0	24.6
	31kHz x 2	62	44.8	0.0	0.0	81.9	7.2

(4) 利用時間の検討

表 3.2.2-3 に電波時計の自動受信時刻と家電機器用 WPT②の給電(充電)時刻を示す。ここで、「給電」とは家電機器の使用を伴う当該家電機器への電力伝送をいい、「充電」とは家電機器の使用を伴わない当該家電機器への電力伝送をいう。電波時計の自動受信時刻は、各社で採用されている 18 タイプの受信時刻を示している。受信開始時刻は 12 時から翌日の 11 時とし、○印は毎日受信する時刻を、△印は○印の時刻に受信できなかったときに再度受信を試みる時刻を表している。

また、家電機器用 WPT②の用途と種類は、2.1 (3)で示されている機器を例とし、電波時計の自動受信時刻と WPT の利用時刻とを比較できるようになっている。それぞれの WPT 機器の横棒の濃淡は使用頻度を表し、薄いほど利用頻度が少ないことを示している。例えば、オフィス機器については、就業時間帯である 9 時頃から 18 時頃までの間の使用確率が高く、深夜に近づくにつれて使用確率が低くなっていくことを表している。家庭機器については、朝、昼、晩の食事の時間帯の前後での使用確率が高くなることを表している。なお、冷蔵庫のような連続して稼働する重家電については、WPT を適用する利点が無いため、考慮する必要はない。

表 3.2.2-3　電波時計自動受信時刻と WPT の給電（充電）時刻

○ :毎日受信
△ :同じ日に受信できないとき再受信

番号	種類	受信開始時刻																							
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	ウォッチ															○	△	△							
2	ウォッチ															○		△							
3	ウォッチ															○	△								
4	ウォッチ															○	△	△							
5	ウォッチ															○		△							
6	ウォッチ													○	△	△	△	△	△						
7	ウォッチ															○	△	△							
8	ウォッチ														○	○	△	△	△						
9	クロック	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10	クロック		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
11	クロック			○				○								○	○			○				○	
12	クロック			○			○			○			○			○			○			○			○
13	クロック															○	△	△	△	△					
14	クロック	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
15	クロック	電池投入から3時間おき																							
16	クロック	△	△	△												○	△	△							
17	クロック	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○	
18	クロック		○	○	○	○									○	○	○	○							

用途	種類	給電/充電時刻
オフィス機器	PC（給電/充電）	
	モニタ（給電）	
家庭機器	住宅設備（給電）	
	調理機器（給電）	

(5) 検討結果

(ア)20.05kHz 以上 21kHz 未満

電波時計に対する周波数帯域内干渉については、表 3.2.2-2 より所要離隔距離が最大で「24.6m」となっており、所要離隔距離の基準である「10m」を大きく超過している。

(イ)21kHz 以上 29kHz 以下

電波時計に対する周波数帯域外干渉については、表 3.2.2-1 より所要離隔距離が最大で「10.5m」となっており、所要離隔距離の基準である「10m」を超過している。しかしながら、電波時計のうちウオッチについては、将来的に回路設計の改良等によりクロック並みの耐干渉性を有することが期待されており、これを考慮した場合の所要離隔距離は表 3.2.2-1 より「9.7m」となる。この場合には、所要離隔距離の基準である「10m」の範囲内にある。また、家電機器用 WPT②については、想定される利用形態から深夜時間帯の利用がほとんど考えられず電波時計の主な受信時間帯と重なる可能性が高くないこと、主な用途が電力伝送を行いながらの利用であり、仮に充電を行う場合であっても、蓄電池搭載量が小さいため充電時間が短いこと等を考慮すれば、実質的な運用上の支障が生じる可能性は高くないものと考えられる。

電波時計に対する周波数帯域内干渉については、表 3.2.2-2 より所要離隔距離が最大で「7.1m」となっており、所要離隔距離の基準である「10m」の範囲内にある。

なお、電波時計と家電機器用 WPT②が同一家屋の屋内で近接して利用されることも想定されるが、家電機器用 WPT②については、想定される利用形態から深夜時間帯の利用がほとんど考えられず電波時計の主な受信時間帯と重なる可能性が高くないこと、主な用途が電力伝送を行いながらの利用であり、仮に充電を行う場合であっても、蓄電池搭載量が小さいため充電時間が短いこと等を考慮すれば、WPT システムの取扱説明書や製品本体等に「電波時計への混信妨害の可能性がある」旨を明示し、消費者への注意喚起を行うことにより干渉回避が可能となるものと考えられる。

(ウ)29kHz を超え 31kHz 未満

電波時計に対する周波数帯域内干渉については、表 3.2.2-2 より所要離隔距離が最大で「24.6m」となっており、所要離隔距離の基準である「10m」を大きく超過している。

(エ)31 kHz 以上 38 kHz 以下

電波時計に対する周波数帯域外干渉については、表 3.2.2-1 より所要離隔距離が最大で「10.5m」となっており、所要離隔距離の基準である「10m」を超過している。しかしながら、電波時計のうちウオッチについては、将来的に回路設計の改良等によりクロック並みの耐干渉性を有することが期待されており、これを考慮した場合の所要離隔距離は表 3.2.2-1 より「9.7m」となる。この場合には、所要離隔距離の基準である「10m」の範囲内にある。また、家電機器用 WPT②については、想定される利用形態から深夜時間帯の利用がほとんど考えられず、電波時計の主な受信時間帯と重なる可能性が高くないこと、主な用途が電力伝送を行いながらの利用であり、仮に充電を行う場合であっても、蓄電池搭載量が小さいため充電時間が短いこと等を考慮すれば、実質的な運用上の支障が生じる可能性は高くないものと考えられる。

電波時計に対する周波数帯域内干渉については、表 3.2.2-2 より所要離隔距離が最大で「7.2m」となっており、所要離隔距離の基準である「10m」の範囲内にある。

なお、電波時計と家電機器用 WPT②が同一家屋の屋内で近接して利用されることも想定されるが、家電機器用 WPT②については、想定される利用形態から深夜時間帯の利用がほとんど考えられず、電波時計の主な受信時間帯と重なる可能性が高くないこと、主な用途が電力伝送を行いながらの利用であり、仮に充電を行う場合であっても、蓄電池搭載量が小さいため充電時間が短いこと等を考慮すれば、WPT システムの取扱説明書や製品本体等に「電波時計への混信妨害の可能性がある」旨を明示し、消費者への注意喚起を行うことにより干渉回避が可能となるものと考えられる。

(オ)42 kHz 以上 58 kHz 以下

電波時計に対する周波数帯域外干渉については、表 3.2.2-1 より所要離隔距離が

最大で「12.7m」となっており、所要離隔距離の基準である「10m」を超過している。しかしながら、電波時計のうちウオッチについては、将来的に回路設計の改良等によりクロック並みの耐干渉性を有することが期待されており、これを考慮した場合の所要離隔距離は表 3.2.2-1 より「9.9m」となる。この場合には、所要離隔距離の基準である「10m」の範囲内にある。また、家電機器用 WPT②については、想定される利用形態から深夜時間帯の利用がほとんど考えられず、電波時計の主な受信時間帯と重なる可能性が高くないこと、主な用途が電力伝送を行いながらの利用であり、仮に充電を行う場合であっても、蓄電池搭載量が小さいため充電時間が短いこと等を考慮すれば、実質的な運用上の支障が生じる可能性は高くないものと考えられる。

電波時計に対する周波数帯域内干渉については、家電機器用 WPT②の整数次高調波が電波時計の周波数帯域と重なる可能性がないため、特段の支障は認められないものと考えられる。

なお、電波時計と家電機器用 WPT②が同一家屋の屋内で近接して利用されることも想定されるが、家電機器用 WPT②については、想定される利用形態から深夜時間帯の利用がほとんど考えられず、電波時計の主な受信時間帯と重なる可能性が高くないこと、主な用途が電力伝送を行いながらの利用であり、仮に充電を行う場合であっても蓄電池搭載量が小さいため充電時間が短いこと等を考慮すれば、WPT システムの取扱説明書や製品本体等に「電波時計への混信妨害の可能性がある」旨を明示し、消費者への注意喚起を行うことにより干渉回避が可能となるものと考えられる。

(カ)62 kHz 以上 100 kHz 以下

電波時計に対する周波数帯域外干渉については、表 3.2.2-1 より所要離隔距離が最大で「12.9m」となっており、所要離隔距離の基準である「10m」を超過している。しかしながら、電波時計のうちウオッチについては、将来的に回路設計の改良等によりクロック並みの耐干渉性を有することが期待されており、これを考慮した場合の所要離隔距離は表 3.2.2-1 より「9.1m」となる。この場合には、所要離隔距離の基準である「10m」の範囲内にある。また、家電機器用 WPT②については、電波時計の主な受信時間帯と重なる可能性が高くないこと、主な用途が電力伝送を行いながらの利用であり、仮に充電を行う場合であっても、蓄電池搭載量が小さいため充電時間が短いこと等を考慮すれば、実質的な運用上の支障が生じる可能性は高くないものと考えられる。

電波時計に対する周波数帯域内干渉については、家電機器用 WPT②の整数次高調波が電波時計の周波数帯域と重なる可能性がないため、特段の支障は認められないものと考えられる。

なお、電波時計と家電機器用 WPT②が同一家屋の屋内で近接して利用されることも想定されるが、家電機器用 WPT②については、想定される利用形態から深夜時間帯の

利用がほとんど考えられず電波時計の主な受信時間帯と重なる可能性が高くないこと、主な用途が電力伝送を行いながらの利用でありかつ充電を行う場合であっても蓄電池搭載量が小さいため充電時間が短いこと等を考慮すれば、WPT システムの取扱説明書や製品本体等に「電波時計への混信妨害の可能性がある」旨を明示し、消費者への注意喚起を行うことにより干渉回避が可能となるものと考えられる。

3.3　列車無線等：信号保安設備との共用検討

「列車無線等」との周波数共用検討については、鉄道の安全・安定運行のために本検討の対象周波数域を使用している信号保安設備と誘導式列車無線を対象として検討を行った。本節では、信号保安設備との共用検討について述べる。誘導式列車無線との共用検討については、次節（3.4）で述べる。

信号保安設備との周波数共用検討は、一般社団法人日本鉄道電気技術協会（以下「電技協」という。）が設置した「WPT と鉄道設備共存検討会」において、BWF、鉄道事業者、関連メーカ、公益財団法人鉄道総合技術研究所が参加して実施した。検討対象となる WPT システムは、電気自動車用 WPT、家電機器用 WPT②及び家電機器用 WPT③である。

(1) 信号保安設備の概要

信号保安設備は、列車運行の安全を確保するための最も基本的な設備である。信号保安設備には、微小な高周波電流や密な電磁的な結合を用いて、列車の在線検知、信号機や速度制限に対する防護、力行・ブレーキの制御を行っているものがある。本検討では、各種の信号保安設備のうち、以下の装置を調査検討の対象とした。

・ATS 装置：自動列車停止装置（信号機、速度制限に対する防護）
・ATC 装置：自動列車制御装置（ブレーキ制御）
・ATO 装置：自動列車運転装置（力行・ブレーキ制御）
・TD 装置：列車の在線を検知する装置
・列車選別装置：急緩種別により踏切を制御する装置
・踏切装置：踏切鳴動のための列車検知、障害物検知を行う装置
・その他装置：車軸による列車検知、速度検知装置等

上記の装置が許容できる強度以上の電磁的な干渉を受けた場合、列車の誤検知や見逃し、速度情報の誤り等といった事象に至り、列車の安全運行を阻害するおそれがある。

(2) WPT 使用周波数域における信号保安設備の利用状況

WPT が使用を予定している周波数域を対象として、(1)で検討対象とした各装置が使用している周波数を調査した。調査結果を図 3.3-1 に示す。

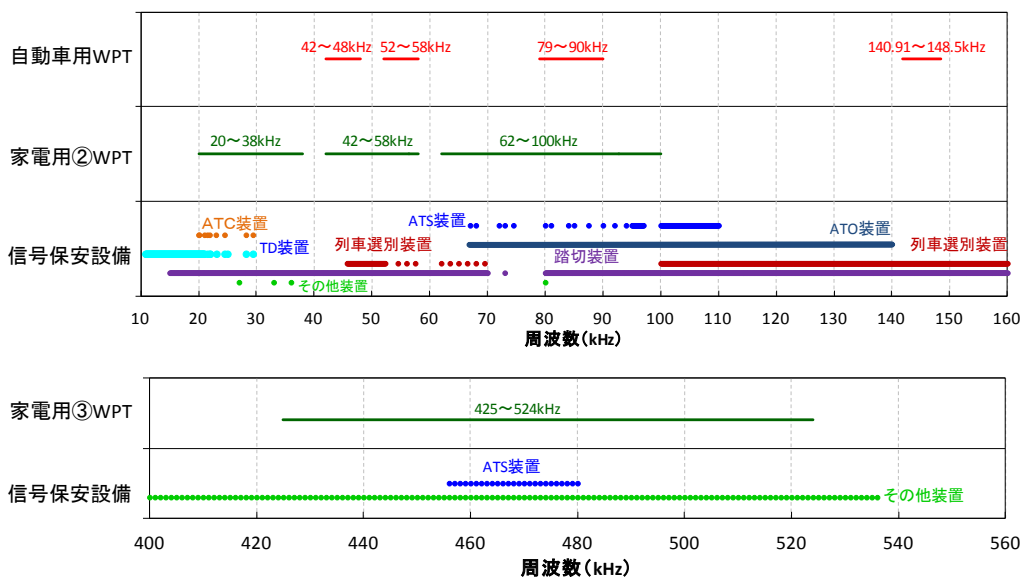



図 3.3-1　WPT の使用周波数と信号保安設備の使用周波数との関係

図 3.3-1 に示したように、WPT の使用周波数域は、信号保安設備の使用帯域と重複している。したがって、共用を図るためには、WPT の放射磁界と信号保安設備の耐妨害特性との関係（レベル差）を求め、いかなる状況においても干渉を与えない所要離隔距離を求めることが技術的には必要となる。

(3) 信号保安設備の耐妨害特性

(2)の調査結果を踏まえ、信号保安設備の耐妨害特性の調査を行った。信号保安設備には、JIS E 3005（変周式自動列車停止装置の試験方法）のように 1m×1m の 1 ターンループコイルに流れる妨害電流値として、耐妨害特性を規定できるもの（以下「Type A」装置という。）と、軌道回路のようにレール自体に流れる妨害電流値として、耐妨害特性を規定しているもの（以下「Type B」装置という。）がある。鉄道信号設備の妨害許容値の調査結果を表 3.3-1 に示す。また、Type A 装置の耐妨害特性を図 3.3-2 に示す。

表 3.3-1 及び図 3.3-2 は、調査対象とした各種の信号保安設備ごとの許容値（実際に装置が誤動作する強度に対して 6dB のマージンを含む値）のうち、最も小さい値（最も妨害に弱い装置の値）を抽出したものである。

表 3.3-1　信号保安設備の妨害許容値

WPT の使用周波数帯域区分	WPT 用途		
		①「Type A」装置（1m×1m の 1 ターンループコイルに流れる妨害電流値）	②「Type B」装置（レールに流れる妨害電流値）

20.05～38 kHz		6mA	
～44 kHz 45～48 kHz		25mA 8.6mA	
49～51 kHz		8.6mA	(①より強耐性のため無視)
～58 kHz		7.4mA	
62～78 kHz		5.8mA	(①より強耐性のため無視)
～90 kHz		5.8mA	(①より強耐性のため無視)
～100 kHz		6.3mA	(①より強耐性のため無視)
～148.5 kHz		7.5mA	
425～524 kHz		6,3mA(車上子)	
425～524 kHz		0.35mA (地上子)	

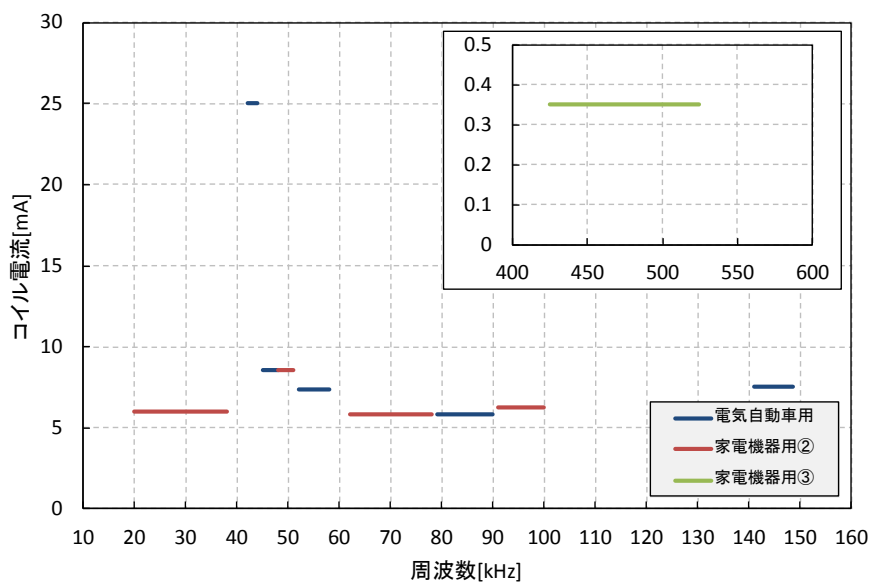



図 3.3-2 鉄道信号設備（「Type A」装置）の妨害許容値

以降で述べる個々の WPT システムとの共用に関する具体的な検討に当たっては、表 3.3-1 に示した妨害許容値に基づいて、所要離隔距離を求めることとした。

3.3.1　電気自動車用 WPT

(1) 検討の進め方

信号保安設備に影響を与える磁界強度に関しては、JIS E 3005（変周式自動列車停止装置の試験方法）を参考に、模擬ノイズ源である1m×1mの1ターンループコイルに電流を流し、信号保安設備に10cmの距離に近づけたときに、信号保安設備が検知又は誤動作する場合の1ターンループコイルの電流レベルを判定の基準値として用いた。

1ターンループコイルにどの程度の電流を流すと、WPT機器からの漏えい磁界と同じレベルの磁界が生じるかについて、離隔距離をパラメータとして計算してグラフ化し、電気自動車用WPTからの漏えい磁界による影響を受けなくなるために必要な離隔距離を算出した。所要離隔距離の算出に当たっては、電気自動車用WPTからの漏えい磁界が最も大きくなるケースを選定した。電気自動車用WPTについては、「家庭用WPT（3 kWクラス）」及び「公共用WPT（7.7 kWクラス）」の2種類を想定している。

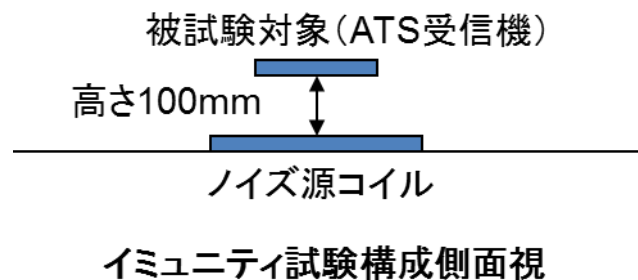



図 3.3.1-1　ノイズ源 1 ターンループコイルと信号保安設備受信機の位置関係

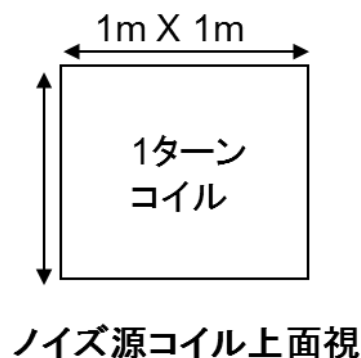



図 3.3.1-2　ノイズ源 1 ターンループコイルサイズ

(2) 干渉検討モデル

検討を行った干渉検討モデルを以下に示す。

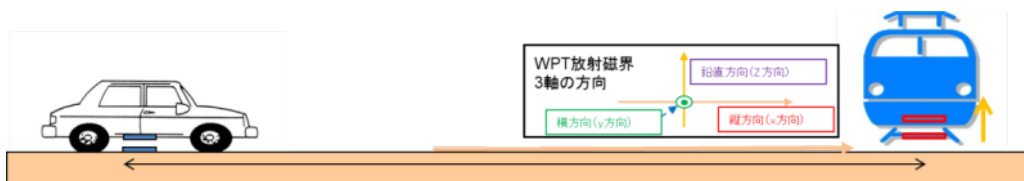



図 3.3.1-3　電気自動車用 WPT と信号保安設備の干渉検討モデル 1

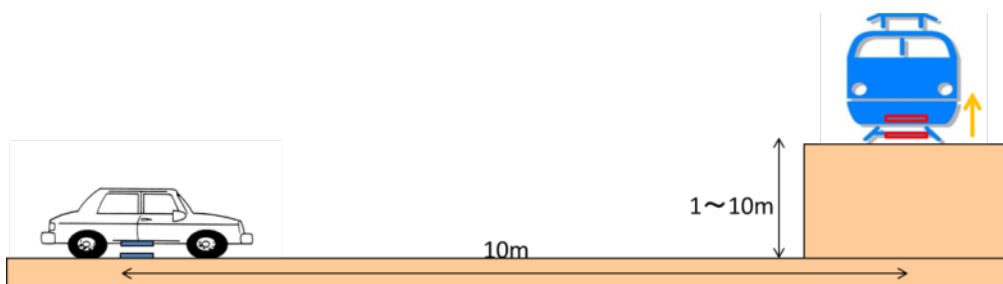



図 3.3.1-4　電気自動車用 WPT と信号保安設備の干渉検討モデル 2

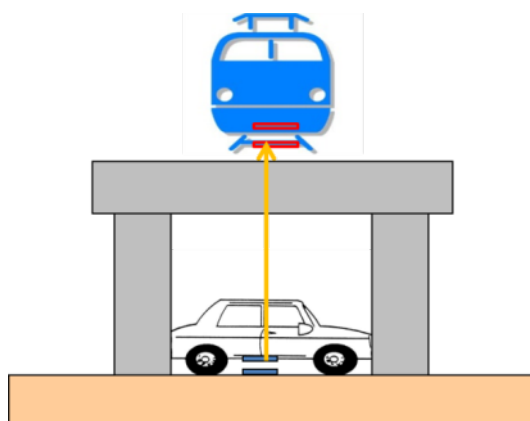



図 3.3.1-5　電気自動車用 WPT と信号保安設備の干渉検討モデル 3

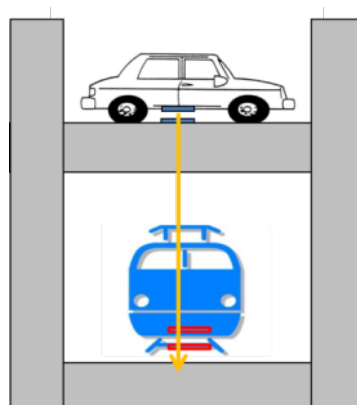



図 3.3.1-6　電気自動車用 WPT と信号保安設備の干渉検討モデル 4

(3) 干渉計算

信号保安設備の許容干渉レベルとしては、表 3.3-1 に示した「Type A 装置」に対するワンターンループコイルに流れる許容電流値を採用した。使用した値を表 3.3.1-1 に再掲する。

干渉計算における判断基準の一つの目安として、建築限界との比較を行っている。建築限界とは、鉄道車両が安全に線路を走行できるよう、車両と建造物等との接触を防ぐために設定されている空間であり、鉄道事業者では、建築限界内に建造物等が入らないよう、日常的に管理を行っている。建築限界の大きさは鉄道事業者や線区によって異なり、1.5m や 1.8m といった値が設定されている場合があるが、ここでは、ＪＲの在来線で一般的に用いられている建築限界の値を使用した。線路直角方向の距離は軌間中心から 1.9m、線路垂直方向の距離は直流電化区間ではレール面より上方 4.9m、非電化区間ではレール面より上方 4.3m である。

表 3.3.1-1 信号保安設備の許容干渉レベル

周波数 (kHz)	ワンターンループコイルに流れる電流 (mA)
42-44	25
45-48	8.6
52-58	7.4
79-90	5.8
140.91-148.5	7.5

信号保安設備と電気自動車用 WPT の干渉検討モデル 1～4 において、Z 軸方向の漏えい磁界強度が最大となる方向とそのときの漏えい磁界強度をシミュレーションにより求める。シミュレーションの概略説明図を図 3.3.1-7 に、シミュレーション条件を表 3.3.1-2 に示す。

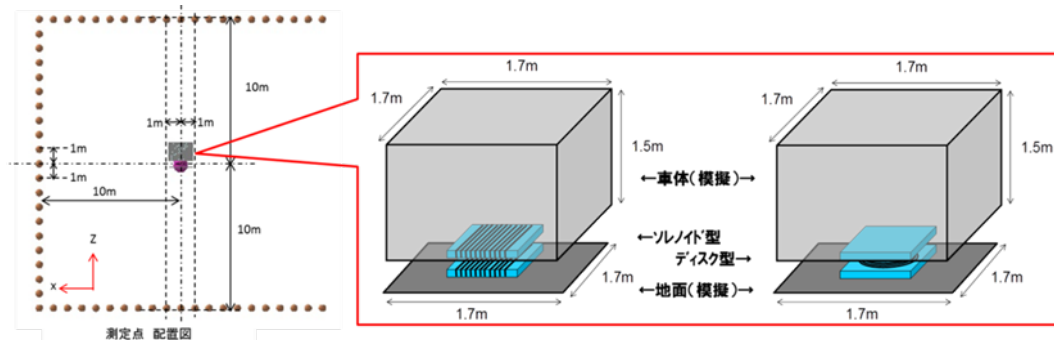



図 3.3.1-7　シミュレーション概略図

条件：
周波数：85kHz
出力電力：3.3kW
位置ずれ：正対
Gap：線間 Gap 165mm
　　　　ユニット蓋間 Gap 150mm
解析ツール：EMCstudio
車体サイズ：1.7m×1.7m×1.5m（L×W×H）

シミュレーション結果を、図 3.3.1-8、図 3.3.1-9、図 3.3.1-10、図 3.3.1-11 に示す。平面（ディスク）型コイルは、いずれの方向でもソレノイド型コイルの漏えい磁界より低い。よって、ソレノイド型コイルの漏えい磁界を検討する。図 3.3.1-8 より、モデル 2 の場合は距離補正も含めると高さ 6m の方向が最も漏えい磁界が強くなっている。図 3.3.1-9 よりモデル 3 及び 4 の場合は、距離補正も含めると横方向 6m の方向が最も漏えい磁界が強くなっている。

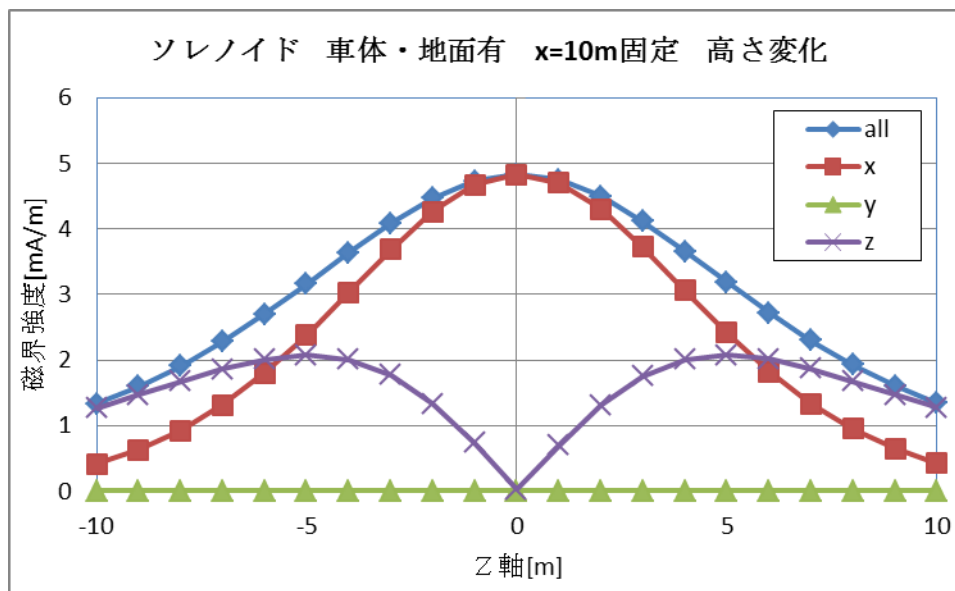



図 3.3.1-8　シミュレーション結果 1

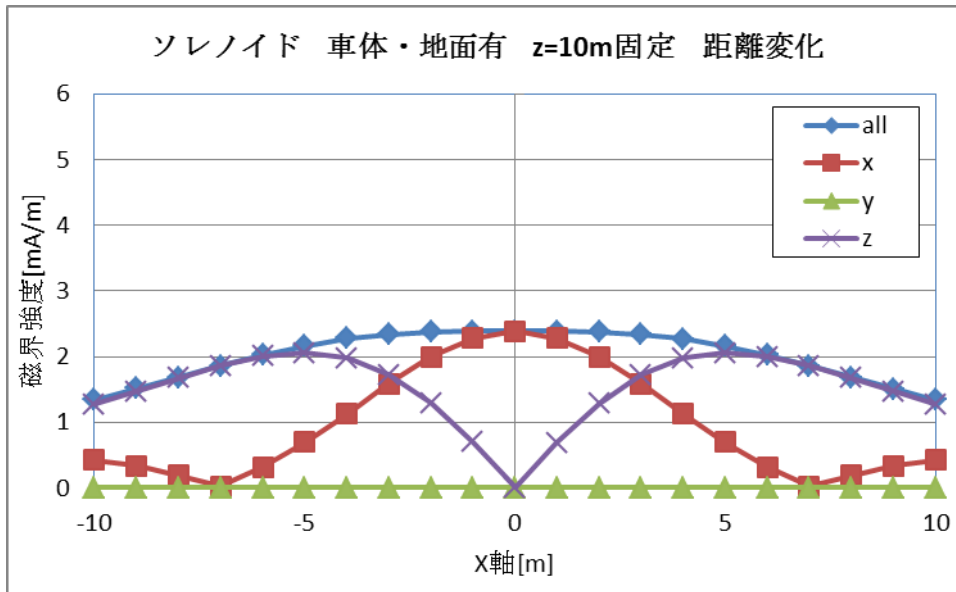



図 3.3.1-9　シミュレーション結果 2

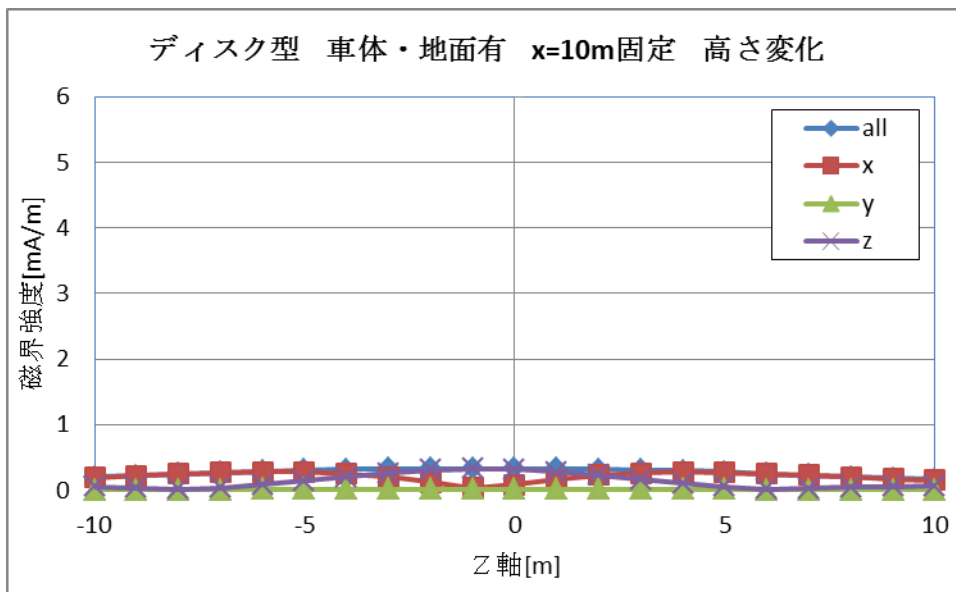



図 3.3.1-10　シミュレーション結果 3

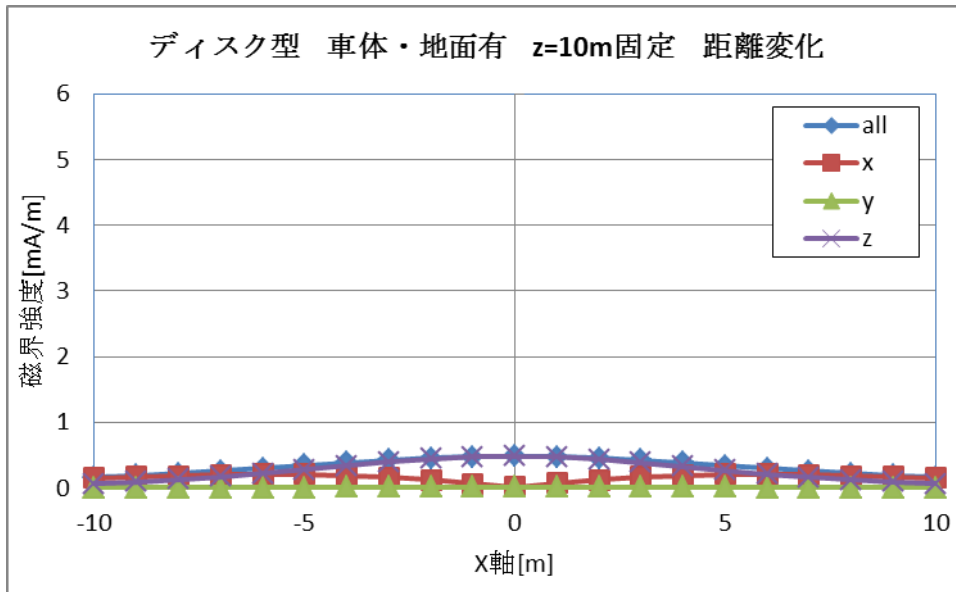



図 3.3.1-11　シミュレーション結果 4

モデル 1 では図 3.3.1-8 の Z 軸 0m 地点の全 3 軸の合計の漏えい磁界強度は、4.83mA/m であるが、この値が全てのケースで最も強度が強い値となっているので、今後参照値として使用する。

このときの z 軸方向の漏えい磁界強度は、0.02mA/m であり、参照値に対して 47.4dB 磁界強度が弱くなっており少なく見積もっても 30dB は緩和されると仮定する。

モデル 2 では図 3.3.1-8 より、高さ 6m 方向が、最も z 軸方向の漏えい磁界が強くなっており、磁界強度は、2.53 mA/m である。よって、参照値に対して 5.6dB 磁界強度が弱くなっている。

モデル 3 及び 4 では、図 3.3.1-9 より、横方向 6m 方向が、最も z 軸方向の漏えい磁界が強くなっていて、磁界強度は、2.52mA/m である。よって、参照値に対して 5.6dB 磁界強度が弱くなっている。

次に、1m×1m のノイズ源 1 ターンループコイルに実効値 1mA の電流を流したときに、コイル上部 100mm に生じる磁界を計算する。

シミュレーション結果を図 3.3.1-12 と図 3.3.1-13 に示す。いずれも最大 1.6mA/m（実効値）の磁界が発生している。

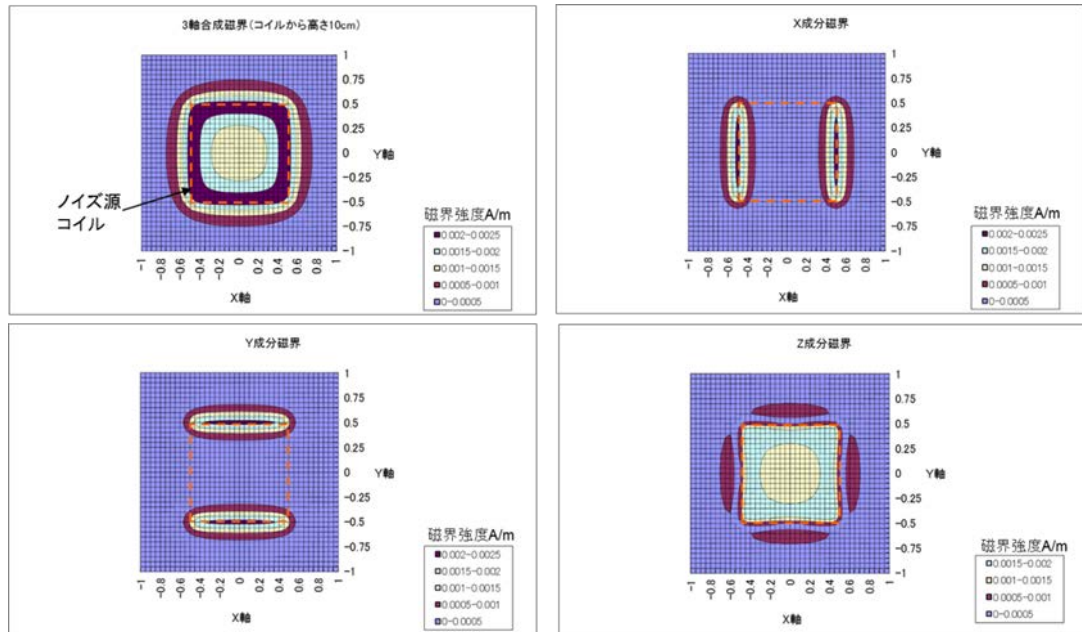



図 3.3.1-12　ノイズ源 1 ターンループコイルが生成する磁界強度 1

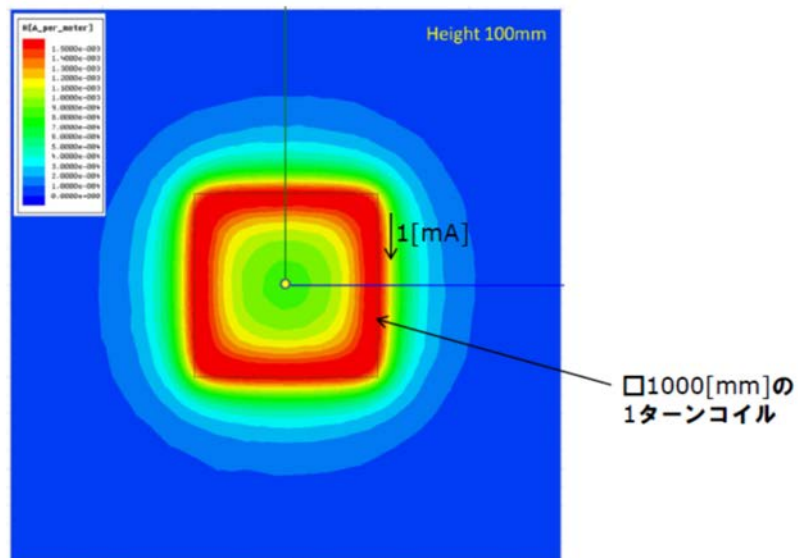



図 3.3.1-13　ノイズ源 1 ターンループコイルが生成する磁界強度 2

モデル 1 のときの、電気自動車用 WPT（公共用）の場合で、30m 離れた場所の z 軸方向の漏えい磁界は、4.9μA/m (=13.9dBμA/m = 43.9-30.0)であり、同等磁界とな

る１ターンループコイルに流れる電流は 3.1μA（9.8dBμA）である。

また電気自動車用 WPT（家庭用）の場合で、30m 離れた場所の z 軸方向の漏えい磁界は、3.1μA/m（=9.8dBμA/m = 39.8-30.0）であり、同等磁界となる 1 ターンループコイルに流れる電流は 1.9μA（5.7dBμA）である。

離隔距離を変動させたときの、1 ターンループコイルに流す電流値を、距離減衰 3 乗則を適用して求め、信号保安設備の許容電流値（実効値）と合わせて図 3.3.1-14 に示す。

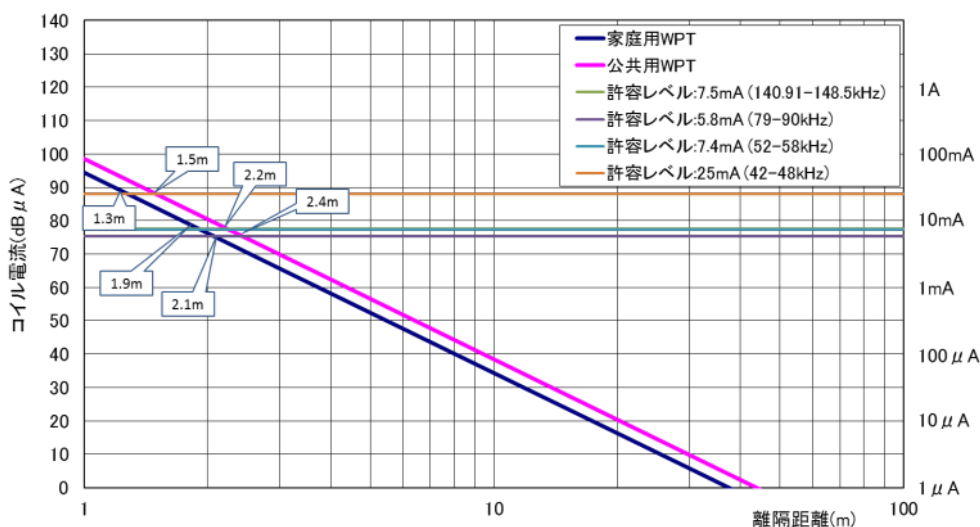



図 3.3.1-14　モデル１の場合の同一磁界強度になる離隔距離と
1 ターンループコイルに流す電流値の関係グラフ

図 3.3.1-14 から家庭用 WPT（3 kW クラス）との所要離隔距離は、42 kHz 以上 44 kHz 以下の帯域では 1.3m、45 kHz 以上 48 kHz 以下の帯域では 1.9m、52 kHz 以上 58 kHz 以下の帯域では 2.0m、79 kHz 以上 90 kHz 以下の帯域では 2.1m、140.91 kHz 以上 148.5 kHz 以下の帯域では 1.9m であることが分かる。

図 3.3.1-14 から公共用 WPT（7.7 kW クラス）との所要離隔距離は、42 kHz 以上 44 kHz 以下の帯域では 1.5m、45 kHz 以上 48 kHz 以下の帯域では 2.2m、52 kHz 以上 58 kHz 以下の帯域では 2.3m、79 kHz 以上 90 kHz 以下の帯域では 2.5m、140.91 kHz 以上 148.5 kHz 以下では 2.3m であることが分かる。

この結果のうち、家庭用 WPT（3 kW クラス）を 79 kHz 以上 90 kHz 以下の帯域で使用した場合の机上検討結果を、モデル 1 に当てはめたときの模式図を図 3.3.1-15 に示す。建築限界の 1.9m に対して 0.2m 超えている。

モデル1（家庭用WPT:79-90kHz）

所要離隔距離2.1m

水平距離2.1m

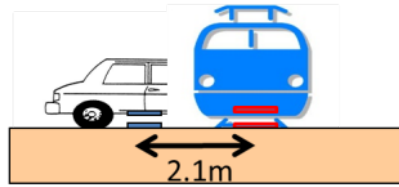



図 3.3.1-15　モデル１の場合の所要離隔距離の関係図

同様に、モデル 2,3,4 のときの電気自動車用 WPT（公共用）の場合で、30m 離れた場所の z 軸方向の漏えい磁界は、82.2μA/m（=38.3dBμA/m = 43.9-5.6）であり、同等の磁界となる１ターンループコイルに流れる電流は 51.4μA(34.2dBμA)である。

また、電気自動車用 WPT（家庭用）の場合で、30m 離れた場所の z 軸方向の漏えい磁界は、51.3μA/m（=34.2dBμA/m = 39.8-5.6）であり、同等の磁界となる１ターンループコイルに流れる電流は 32.1μA（30.1dBμA）である。

離隔距離を変動させたときの、1 ターンループコイルに流す電流値を、距離減衰 3 乗則を適用して求め、信号保安設備の許容電流値（実効値）と併せて図 3.3.1-16 に示す。

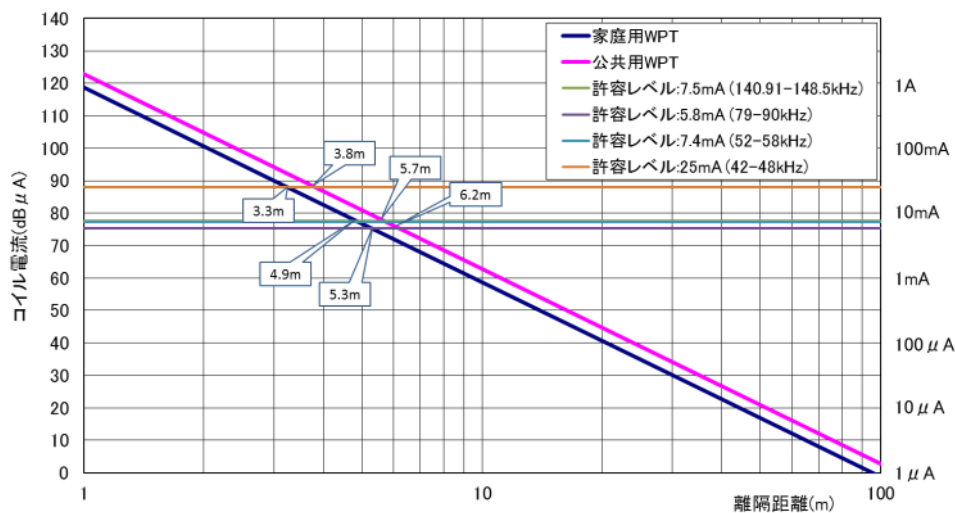



図 3.3.1-16　モデル 2,3,4 の場合の同一磁界強度になる離隔距離と
１ターンループコイルに流す電流値の関係グラフ

図 3.3.1-16 から家庭用 WPT（3 kW クラス）との所要離隔距離は、42 kHz 以上 44 kHz 以下の帯域では 3.3m、45 kHz 以上 48 kHz 以下の帯域では 4.7m、52 kHz 以上 58 kHz

以下の帯域では 4.9m、79 kHz 以上 90 kHz 以下の帯域では 5.4m、140.91 kHz 以上 148.5 kHz 以下の帯域では 4.9m であることが分かる。

図 3.3.1-16 から公共用 WPT（7.7 kW クラス）との所要離隔距離は、42 kHz 以上 44 kHz 以下の帯域では 3.9m、45 kHz 以上 48 kHz 以下の帯域では 5.5m、52 kHz 以上 58 kHz 以下の帯域では 5.8m、79 kHz 以上 90 kHz 以下の帯域では 6.3m、140.91 kHz 以上 148.5 kHz 以下の帯域では 5.7m であることが分かる。

この結果のうち、家庭用 WPT（3 kW クラス）を 79 kHz 以上 90 kHz 以下の帯域で使用した場合の机上検討結果を、モデル 2～4 に分けて図 3.3.1-17、図 3.3.1-18、図 3.3.1-19 に示す。

モデル2（家庭用WPT:79-90kHz）
所要離隔距離5.3m
水平距離4.6m
5.3m
2.7m
4.6m
ただし、構造物(鉄筋コンクリ)の遮蔽損は含めていない

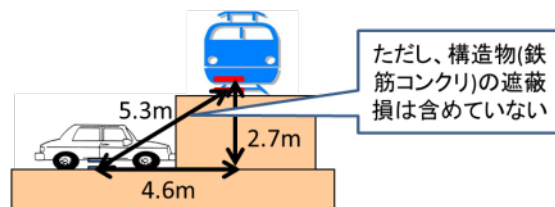



図 3.3.1-17　モデル 2 の場合の所要離隔距離の関係図

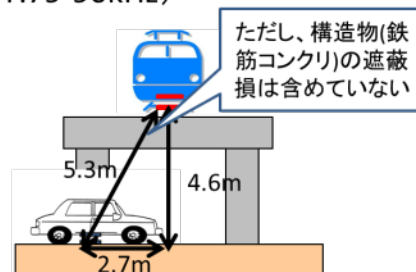



図 3.3.1-18　モデル 3 の場合の所要離隔距離の関係図

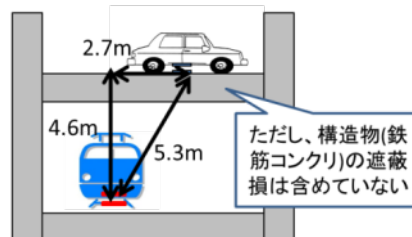



図 3.3.1-19　モデル 4 の場合の所要離隔距離の関係図

(4) 検討結果

電気自動車用 WPT と信号保安設備との共用条件を机上で検討するに当たっては、鉄筋コンクリート等の干渉を遮るものが無い状態を想定して、所要離隔距離を計算した。

共用条件としては、以下のとおりとした。

ｉ）WPT で使用する周波数と鉄道設備が使用する周波数が重ならない。

又は

ⅱ）所要離隔距離が、鉄道設備における建築限界内に入っている（干渉が起きる距離が、鉄道事業者の関与なく WPT を置くことができない位置である)。

(ア)42 kHz 以上 44 kHz 以下

家庭用 WPT（3 kW クラス）の場合、信号保安設備に影響を与えない最大離隔距離は 3.3m である。

公共用 WPT（7.7 kW クラス）の場合、信号保安設備に影響を与えない最大離隔距離は 3.9m である。

(イ)45 kHz 以上 48 kHz 以下

家庭用 WPT（3 kW クラス）の場合、信号保安設備に影響を与えない最大離隔距離は 4.7m である。

公共用 WPT（7.7 kW クラス）の場合、信号保安設備に影響を与えない最大離隔距離は 5.5m である。

(ウ)52 kHz 以上 58 kHz 以下

家庭用 WPT（3 kW クラス）の場合、信号保安設備に影響を与えない最大離隔距離は 4.9m である。

公共用 WPT（7.7 kW クラス）の場合、信号保安設備に影響を与えない最大離隔距離は 5.8m である。

(エ)79 kHz 以上 90 kHz 以下

家庭用 WPT（3 kW クラス）の場合、信号保安設備に影響を与えない最大離隔距離は 5.4m である。

公共用 WPT（7.7 kW クラス）の場合、信号保安設備に影響を与えない最大離隔距離は 6.3m である。

(オ)140.91 kHz 以上 148.5 kHz 以下

家庭用 WPT（3 kW クラス）の場合、信号保安設備に影響を与えない最大離隔距

離は4.9mである。

公共用 WPT（7.7 kW クラス）の場合、信号保安設備に影響を与えない最大離隔距離は5.7mである。

以上の検討結果から明らかなように、現在の目標漏えい電界強度では、上記の離隔距離が必要であり、一つの判断基準の目安である建築限界（1.5m～1.9m）を超えている。今回の机上検討結果からは、所要離隔距離を鉄道事業者が管理できる用地内とするためには､WPTから放射される磁界強度を30dB以上減衰させる必要がある。今回の机上検討結果を確認するための検証実験を行った上で、目標漏えい電界強度を下げるなどの検討を引き続き行うべきと考えられる。

3.3.2 家電機器用WPT②（家庭・オフィス機器）

検討対象となる信号保安設備には､1ターンループコイルに流れる妨害電流値として耐妨害特性を規定できるもの（「Type A」装置）と、軌道回路のようにレール自体に流れる妨害電流値として耐妨害特性を規定しているもの（「Type B」装置）とが存在する。

3.3.2.1 1ターンループコイルに流れる妨害電流値として耐妨害特性を規定できるもの（「Type A」装置）

(1) 検討の進め方

家電機器用WPT②について、前述の電気自動車用WPTと比較すると、その出力は電界強度で約50分の1である。このため電気自動車WPTに対する検討で行ったような干渉緩和要素は取り入れず、放射磁界レベルが最大になる条件で計算し、以下のように電気自動車用WPTに対する検討に準じた方法を用いて検討を行った。

信号保安設備については、JIS E 3005（変周式自動列車停止装置の試験方法）を参考に、模擬雑音源である1m×1mの1ターンループコイルに電流を流し、車上信号保安設備に近づけたときに、車上信号保安設備が検知又は誤動作する場合の 1 ターンループコイルの電流レベルを判定の基準値として用いた。1ターンループコイルにどの程度の電流を流すと､WPT機器からの漏えい磁界と同じレベルの磁界が生じるかについて、離隔距離をパラメータとして計算した。これを基に、家電機器用WPT②からの漏えい磁界による影響を受けなくなるために必要な離隔距離を算出した。所要離隔距離の算出に当たっては､家電機器用WPT②からの漏えい磁界が最も大きくなるケースを選定した。

(2) 干渉検討モデル

検討を行った干渉検討モデルを以下に示す。家電機器用WPT②が屋内で使用されるケースを想定し、家屋による壁損失等は考慮していない。

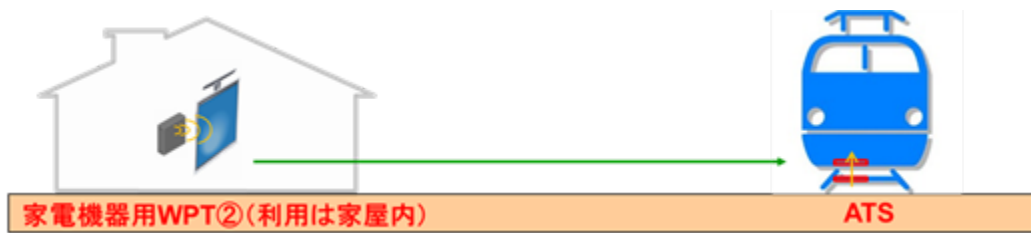



図 3.3.2-1 家電機器用 WPT②と信号保安設備の干渉検討モデル

(3) 干渉計算

家電機器用 WPT②から信号保安設備への影響計算方法として、1 ターンループコイルに 1mA の電流を流したときに生じる磁界を計算機シミュレーションで計算し、ノイズ源とした 1m×1m の 1 ターンループコイルに 1mA の電流を流したときに、コイル上部 100mm に生じる磁界を計算する。

1 ターンループコイル（ノイズ源コイル）にどの程度の電流を流すと、WPT 機器からの漏えい磁界と同じレベルの磁界が生じるかを、離隔距離をパラメータとして計算し、上述の結果を使用し離隔距離（WPT 機器と信号保安設備受信機の距離）ごとに、WPT からの漏えい磁界と同等の磁界を生じる 1 ターンループコイルの電流値を計算しグラフ化する。

次に、1 ターンループコイルに 1mA（実効値）を流したときに生じる磁界の値として、1.6mA/m（実効値）を採用して、次のステップのグラフを計算する。

なお、現在使用されている信号保安設備の耐妨害特性の電流値（実効値）については、20.05-38 kHz の帯域で 6mA、42-58 kHz の帯域で 7.4mA、62-100 kHz の帯域で 5.8mA とした。

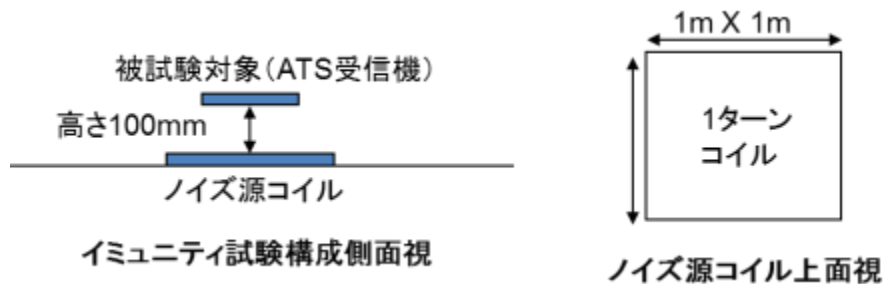



図 3.3.2-2　1 ターンループコイルと信号保安設備受信機モデル

(4) 検討結果

30m 離れた場所の漏えい磁界は、2.7μA/m（8.5dBμA/m）であり、同等磁界となる 1 ターンループコイルに流れる電流は 1.7μA（4.4dBμA）である。離隔距離を変動させたときの、1 ターンループコイルに流す電流値を距離減衰 3 乗則を適用して求め、信号保安設備の許容電流値（実効値）との関係を図 3.3.2-3 に示した。その結果、

所要離隔距離は表 3.3.2-1 に示すように 2.0m となった。

なお、共用条件としては、以下のとおりとした。

ⅰ）WPT で使用する周波数と鉄道設備が使用する周波数が重ならない。

又は

ⅱ）所要離隔距離が、鉄道設備における建築限界内に入っている（干渉が起きる距離が、鉄道事業者の関与なく WPT を置くことができない位置である）。

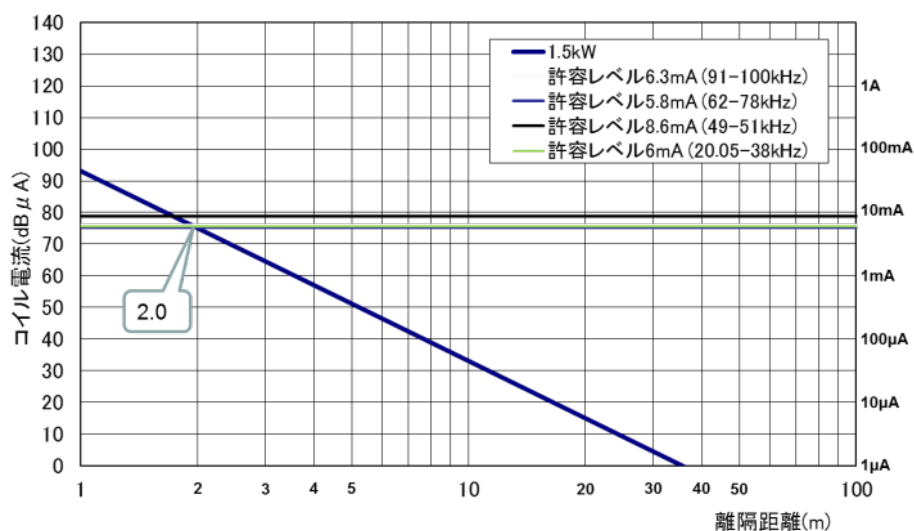



図 3.3.2-3　信号保安設備「Type A」装置の許容電流値（実効値）と所要離隔距離

表 3.3.2-1　信号保安設備「Type A」装置の所要離隔距離

家電機器用 WPT　1.5kW			信号保安設備許容干渉レベル			共用可能な離隔距離
バンド	最大放射磁界レベル@30m		コイルに流れる電流（許容電流）	許容干渉レベル（磁界強度）		
	(mA/m)	(dBμA/m)	(mA)	(mA/m)	(dBμA/m)	(m)
20.05~38kHz	0.0027	8.5	6.0	9.6	79.6	**2.0**
42~58kHz	0.0027	8.5	7.4	11.8	81.4	**1.9**
62~100kHz	0.0027	8.5	5.8	9.3	79.4	**2.0**

以上の検討結果から明らかなように、上記の離隔距離は建築限界（1.5m～1.9m）を超えており、現在対象となっている WPT 装置の開発状況においては、共用は困難と考えられる。しかし、この判断は離隔距離に依存したものであり、WPT の設置において必要な離隔距離を確保するための法的な規制等により共用が可能となるケースも考えられる。

3.3.2.2　軌道回路のようにレール自体に流れる妨害電流値として耐妨害特性を規定しているもの（「Type B」装置）

(1) 検討の進め方

信号保安設備「Type B」装置については、信号保安設備「Type A」装置と同様の方法で検討を行った。レールに電流を流し、信号保安設備に近づけたときに、信号保安設備が検知又は誤動作する場合のレールの電流レベルを判定の基準値として用いた。レールにどの程度の電流を流すと、WPT 機器からの漏えい磁界と同じレベルの磁界が生じるかについて、離隔距離をパラメータとして計算した。これを基に、家電機器用 WPT②からの漏えい磁界による影響を受けなくなるために必要な離隔距離を算出した。所要離隔距離の算出に当たっては、家電機器用 WPT②からの漏えい磁界が最も大きくなるケースを選定した。

(2) 干渉検討モデル

検討を行った干渉検討モデルを以下に示す。家電機器用 WPT②が屋内で使用されるケースを想定し、家屋による壁損失等は考慮していない。

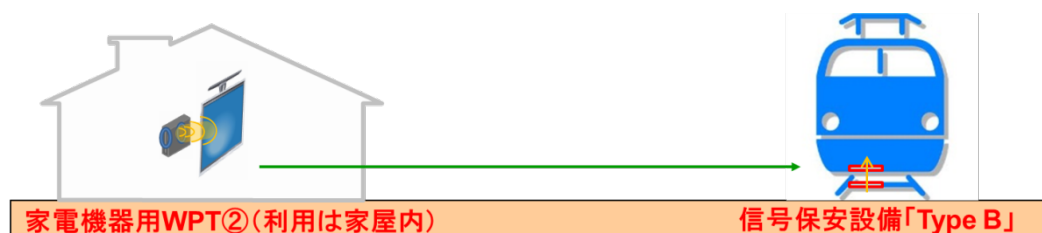



図 3.3.2-4　家電機器用 WPT②と信号保安設備の干渉検討モデル

(3) 干渉計算

家電機器用 WPT②から信号保安設備「Type B」への影響計算については、まず、レールに電流を流したときに生じる磁界を計算機シミュレーションで計算した上で、レールにどの程度の電流を流すと、WPT 機器からの漏えい磁界と同じレベルの磁界が生じるかを、離隔距離をパラメータとして計算し、その結果から WPT からの漏えい磁界と同等の磁界を生じるレールの電流値を計算しグラフ化を行った。

なお、現在使用されている信号保安設備の耐妨害特性の電流値（実効値）については、20.05-38 kHz の帯域で 0.18mA とした。また、レール長については 20m、400m の 2 通り、レール軌間については 1067mm、1435mm の 2 通り、終端抵抗については 2Ω、1kΩ、30kΩ の 3 通りで検討した。

(4) 検討結果

30m 離れた場所の漏えい磁界は、2.7μA/m (8.5dBμA/m)であり、同等磁界となるレールに流れる電流は 0.9μA (-0.6dBμA) である。離隔距離を変動させたときの、レールに流す電流値を距離減衰 3 乗則を適用して求め、信号保安設備の許容電流値（実効値）との関係を図 3.3.2-5 に示した。その結果、所要離隔距離は表 3.3.2-2 に示すように 0.5m～5.2m となった。

なお、共用条件としては、以下のとおりとした。

ｉ）WPT で使用する周波数と鉄道設備が使用する周波数が重ならない。

又は

ⅱ）所要離隔距離が、鉄道設備における建築限界内に入っている（干渉が起きる距離が、鉄道事業者の関与なく WPT を置くことができない位置である)。

一つの判断基準の目安となる、鉄道設備における建築限界は 1.5m～1.9m とされており、所要離隔距離はこの値を超過する場合がある。

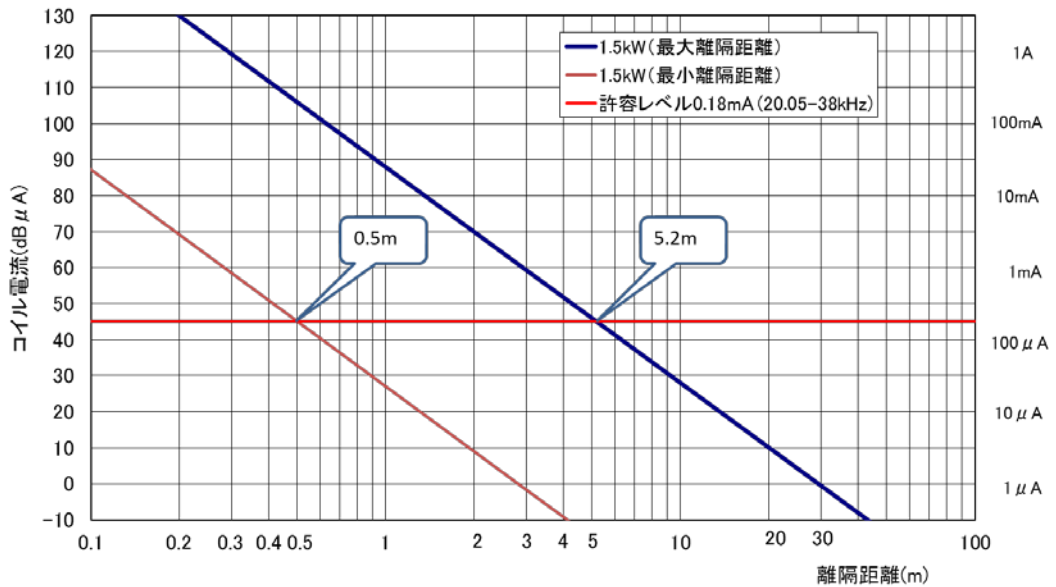



図 3.3.2-5　信号保安設備「Type B」装置の許容電流値（実効値）と所要離隔距離

表 3.3.2-2　信号保安設備「Type B」装置の所要離隔距離

家電機器用 WPT② 1.5kW			レール条件			許容干渉レベル			共用可能な離隔距離
バンド	最大放射磁界レベル@30m		レール長	レール軌間	負荷抵抗	レールに流れる電流（許容電流）	許容干渉レベル（磁界強度）		
	(mA/m)	(dBμA/m)	(m)	(m)	(Ω)	(mA)	(mA/m)	(dBμA/m)	(m)
20.05-38kHz	0.0027	8.5	20	1067	2	0.18	0.59	55.5	4.9
	0.0027	8.5	20	1067	1000	0.18	55.53	94.9	1.1
	0.0027	8.5	20	1067	30000	0.18	468.63	113.4	0.5
	0.0027	8.5	20	1435	2	0.18	0.52	54.4	5.2
	0.0027	8.5	20	1435	1000	0.18	41.13	92.3	1.2
	0.0027	8.5	20	1435	30000	0.18	413.28	112.3	0.6
	0.0027	8.5	400	1067	2	0.18	8.17	78.2	2.1
	0.0027	8.5	400	1067	1000	0.18	19.06	85.6	1.6
	0.0027	8.5	400	1067	30000	0.18	25.31	88.1	1.4
	0.0027	8.5	400	1435	2	0.18	6.80	76.7	2.2
	0.0027	8.5	400	1435	1000	0.18	16.15	84.2	1.6
	0.0027	8.5	400	1435	30000	0.18	23.22	87.3	1.5

以上の検討結果から明らかなように、共用可能な離隔距離が目安となる距離（1.5～1.9m）を超えており、鉄道事業者が管理できる用地外となっている。鉄道事業者が管理・関与できない場所に WPT が設置され、干渉を回避できる離隔距離を確保できない状況が発生する可能性を考慮する必要がある。なお、WPT の設置において必要な離隔距離を確保するための法的な規制等により共用が可能となるケースも考えられる。

3.3.3 家電機器用 WPT③

(1) 検討の進め方

放射磁界レベルが最大になる条件で計算し、以下のように電気自動車用 WPT 及び家電機器用 WPT②に対する検討に準じた方法を用いて検討を行った。

信号保安設備については、JIS E 3005（変周式自動列車停止装置の試験方法）を参考に、模擬雑音源である 1m×1m の 1 ターンループコイルに電流を流し、信号保安設備に近づけたときに、信号保安設備が検知又は誤動作する場合の 1 ターンループコイルの電流レベルを判定の基準値として用いた。1 ターンループコイルにどの程度の電流を流すと、WPT 機器からの漏えい磁界と同じレベルの磁界が生じるかについて、離隔距離をパラメータとして計算した。これを基に、家電機器用 WPT③からの漏えい磁界による影響を受けなくなるために必要な離隔距離を算出した。所要離隔距離の算出に当たっては、家電機器用 WPT③からの漏えい磁界が最も大きくなるケースを選定した。また、干渉モデルに関しては家電機器用 WPT③が屋内で使用されるケースと、車両内で使用されるケースの 2 種類を設定した。

(2) 屋内使用時の干渉検討モデル

検討を行った干渉検討モデルを以下に示す。家電機器用 WPT③が屋内で使用される

ケースを想定し、家屋による壁損失等は考慮していない。

図 3.3.3-1 家電機器用 WPT③と信号保安設備の干渉検討モデル

(3) 屋内使用時の干渉計算

家電機器用 WPT③から信号保安設備への影響計算については、まず、1 ターンループコイルに 1mA の電流を流したときに生じる磁界を計算機シミュレーションで計算した上で、ノイズ源とする 1m×1m の 1 ターンループコイルに 1mA の電流を流したときに、コイル上部 100mm に生じる磁界を計算する。1 ターンループコイル（ノイズ源コイル）にどの程度の電流を流すと、WPT 機器からの漏えい磁界と同じレベルの磁界が生じるかを、離隔距離をパラメータとして計算し、上述の結果を使用し、離隔距離（WPT 機器と信号保安設備受信機の距離）ごとに、WPT からの漏えい磁界と同等の磁界を生じる 1 ターンループコイルの電流値を計算しグラフ化する。次に、1 ターンループコイルに 1mA（実効値）を流したときに生じる磁界の値として、1.6mA/m（実効値）を採用して、次のステップのグラフを計算した。

なお、現在使用されている信号保安設備の耐妨害特性の電流値（実効値）については、レール付近に設置されている地上子を対象とし、425-524 kHz の帯域で 0.35mA とした。

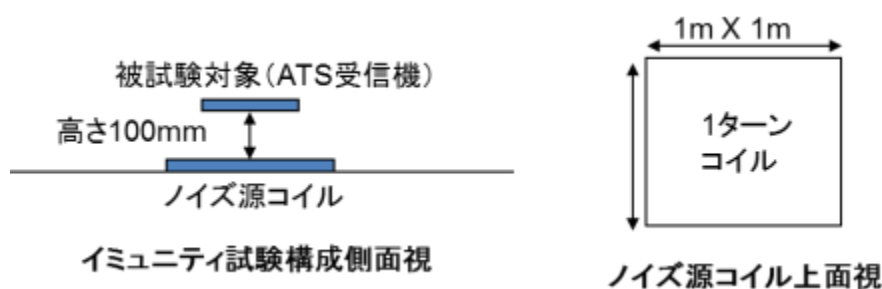



図 3.3.3-2　1 ターンループコイルと信号保安設備受信機モデル

(4) 屋内使用時の検討結果

30m 離れた場所の漏えい磁界は、0.27μA/m (-11.5dBμA/m)であり、同等磁界となる 1 ターンループコイルに流れる電流は 0.17μA（-15.4dBμA）である。離隔距離を変動させたときの、1 ターンループコイルに流す電流値を距離減衰 3 乗則を適用して求め、

信号保安設備の許容電流値（実効値）との関係を図 3.3.3-3 に示した。その結果、所要離隔距離は表 3.3.3-1 に示すように 2.3m となった。

なお、共用条件としては、以下のとおりとした。

ｉ）WPT で使用する周波数と鉄道設備が使用する周波数が重ならない。

又は

ⅱ）所要離隔距離が、鉄道設備における建築限界内に入っている（干渉が起きる距離が、鉄道事業者の関与なく WPT を置くことができない位置である)。

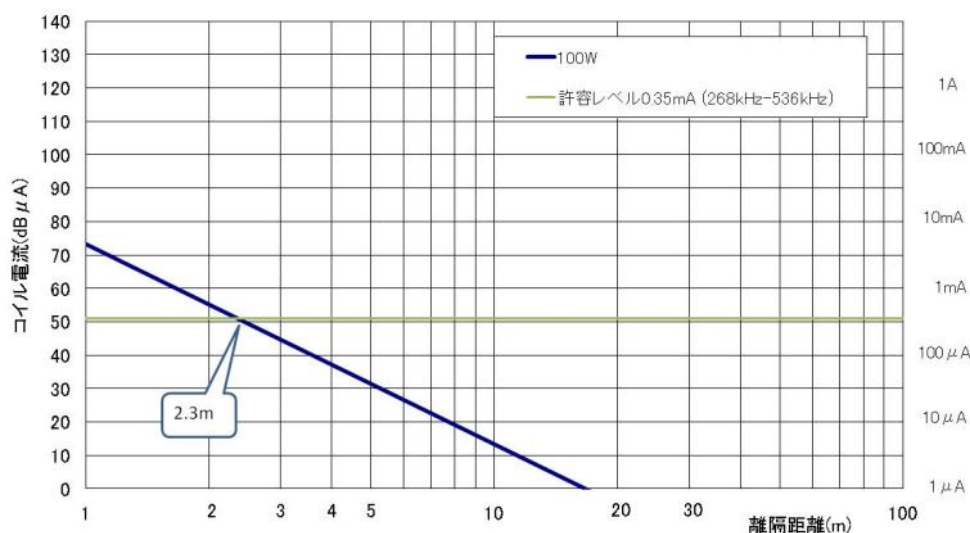



図 3.3.3-3　信号保安設備の許容電流値（実効値）と所要離隔距離

表 3.3.3-1　緩和要素無しの場合の所要離隔距離

ATS利用周波数	家電機器用 WPT③　100W			ATS許容干渉レベル			共用可能な離隔距離
	バンド	最大放射磁界レベル@30m		コイルに流れる電流（許容電流）	許容干渉レベル（磁界強度）		
		mA/m	dBμA/m	mA	mA/m	dBμA/m	(m)
425kHz-524kHz	425-524kHz	0.00027	-11.5	0.35	0.6	55.0	2.3

以上の検討結果から明らかなように、上記の離隔距離は建築限界（1.5m～1.9m）を超えており、信号保安設備との共用条件を満たすためには、WPT から放射される磁界強度を 10dB 以上減衰させる必要がある。

そのため、共用可能な離隔距離が、判断基準として一つの目安となる建築限界よりも小さくなるよう、WPT から放射される磁界強度を低減させた場合についても検討を行った。30m 離れた場所の漏えい磁界は、0.067μA/m（-23.5dBμA/m)であり、同等磁界

となる１ターンループコイルに流れる電流は 0.0418μA（-27.57dBμA）である。離隔距離を変動させたときの、１ターンループコイルに流す電流値を距離減衰３乗則を適用して求め、信号保安設備の許容電流値（実効値）との関係を図 3.3.3-4 に示した。このとき、所要離隔距離は表 3.3.3-2 に示すように 1.48m となる。

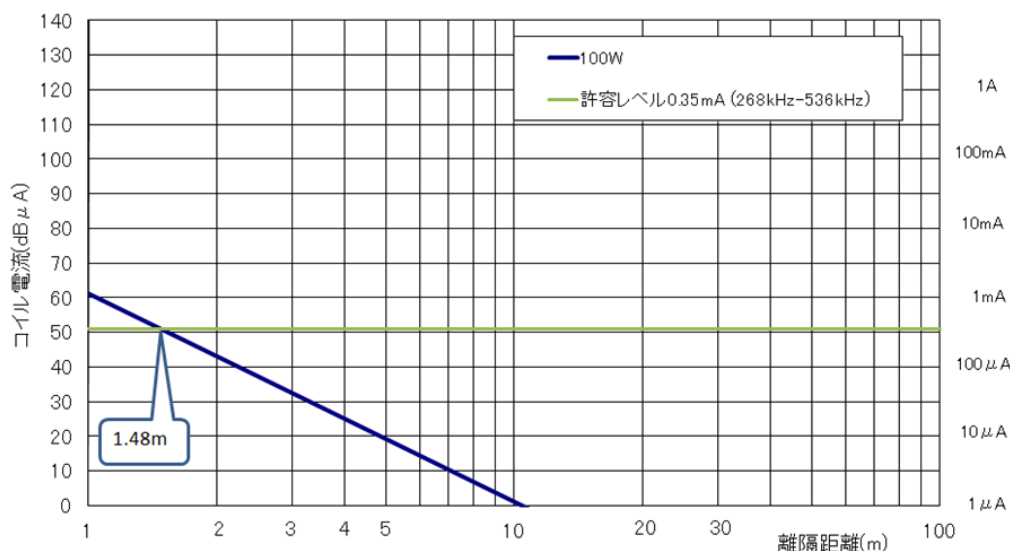



図 3.3.3-4　信号保安設備の許容電流値（実効値）と所要離隔距離（WPT 漏えい磁界低減後）

表 3.3.3-2　WPT 漏えい磁界低減後の所要離隔距離

ATS利用周波数	家電機器用 WPT③　100W			ATS許容干渉レベル			共用可能な離隔距離
	バンド	最大放射磁界レベル@30m		コイルに流れる電流（許容電流）	許容干渉レベル（磁界強度）		
		mA/m	dBμA/m	mA	mA/m	dBμA/m	(m)
425kHz-524kHz	425-524kHz	0.000067	-23.5	0.35	0.6	55.0	1.48

検討の結果、3.1(4)で設定した漏えい磁界強度の目標値に対しては、共用は困難と考えられる。なお、家電機器用 WPT③からの漏えい磁界強度を 12dB 低減させることが可能な場合は、所要離隔距離が建築限界（1.5m）を下回り、鉄道事業者が管理できる用地内の範囲に入ることになる。

(5) 車両内使用時の干渉検討モデル

家電機器用 WPT③については、車両内に持ち込んで AC100V の電源で使用されるケースも考えられるため、車両内で使用された場合にも信号保安設備の運用に支障を及ぼさないことを確認することが必要であると考えられる。

車両内の WPT 機器と信号保安設備の位置関係は、図 3.3.3-5 のとおりである。車両内の WPT 機器からの干渉対象は、レール付近に設置されている地上子と車両側に設置されている車上子の 2 種類とした。また、家電機器用 WPT③はノート PC やタブレットといった機器の充電用のため、当該機器が置かれる場所としては、テーブル上、座面等が想定される。そこで、本検討では被干渉側機器との距離が短くなる座面に置いた場合を想定した。車上子と WPT 機器の位置関係としては、車上子の配線までの距離を最悪状態と考えた。

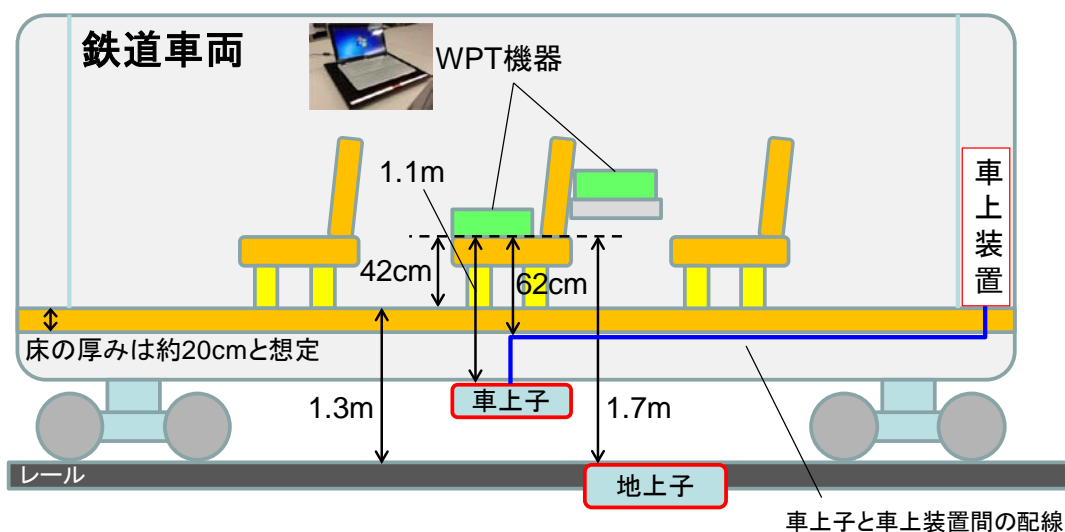



図 3.3.3-5　車両内の WPT 機器と信号保安設備の位置関係

(6) 車両内使用時の干渉計算

車両内使用時においても、「(3)屋内使用時の干渉計算」で述べた方法と同様、1 ターンループコイルに 1mA の電流を流したときに生じる磁界を計算機シミュレーションで計算し電流値をもとに計算を実施した。

なお、現在使用されている信号保安設備の耐妨害特性の電流値（実効値）については、レール付近に設置されている地上子と車両側に設置されている車上子の両方を対象とし、425-524 kHz の帯域でそれぞれ 0.35mA、6.3mA とした。

(7) 車両内使用時の検討結果

図 3.3.3-5 の干渉モデルでは、WPT 機器と地上子が最も近づく距離は 1.7m である。所要離隔距離の計算は、表 3.3.3-2 に示すように 1.48m であることを踏まえると、有害な干渉が発生するおそれはないものと考えられる。さらに、車体による遮蔽の効果を考慮すれば、より安全側になると考えられる。

図 3.3.3-5 の干渉モデルでは、WPT 機器と車上子が最も近づく距離は 0.62m である。所要離隔距離は、表 3.3.3-3 に示すように 0.56m であることを踏まえると、有害な干

渉が発生するおそれはないものと考えられる。さらに、車体による遮蔽の効果を考慮すれば、より安全側になると考えられる。

表 3.3.3-3　車上子に対する所要離隔距離（車両内での WPT 使用）

ATS利用周波数	家電機器用 WPT③ 100W			車両減衰	ATS許容干渉レベル			共用可能な離隔距離
	バンド	最大放射磁界レベル@30m			コイルに流れる電流（許容電流）	許容干渉レベル（磁界強度）		
		mA/m	dBμA/m	dB	mA	mA/m	dBμA/m	(m)
425kHz-524kHz	425-524kHz	0.000067	-23.5	0.0	6.30	10.1	80.1	0.56

(8) 複数の WPT 装置が使用される場合の検討結果

WPT が車両内に存在する場合は、複数の WPT 装置が同時に使用されることも想定する必がある。図 3.3.3-7a、図 3.3.3-7b 及び図 3.3.3-7c に示すように、WPT 機器が車両内で 8 台使用されるモデルを想定し、機器のサイズや機器間の距離は実際の利用シーンを考慮し、図 3.3.3-5 に示す値を用いて検討を行った。また、この検討においては電力加算をする上で、より条件の厳しい車上子を干渉対象として計算を行った。

家電機器用 WPT③では、利用周波数帯の中で一つの周波数を選定し、無変調連続波（信号帯域幅は数 10Hz 以下）で電力伝送するため、製造ばらつきによる伝送周波数のずれを考慮すると、電力伝送波が重なり電力加算される確率は、極めて低いと考えられる。以下に確率を計算する上での周波数条件を示す。

- 信号純度の帯域幅は 20Hz とする。（図 3.3.3-6 参照）
- 製造ばらつきによる伝送周波数のずれは WPT 基本波の周波数偏差が±2 kHz とする。そのとき取りうる周波数は 4000Hz/20Hz=200 通りとなる。
- 選定可能な周波数は 425 kHz～524 kHz の間で 10 通りと仮定する。

このとき、WPT の基本波が信号保安設備と干渉する可能性がある組合せは 200×10＝2000 通りである。

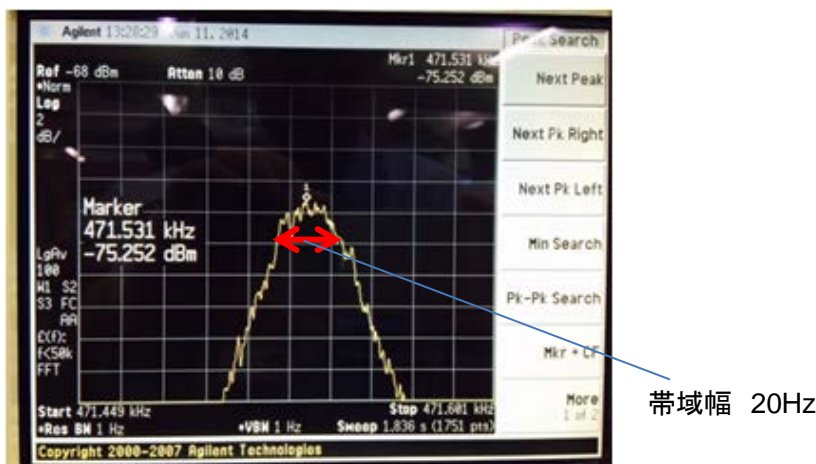



図 3.3.3-6　基本波の周波数スペクトラム

ア　確率計算（WPT 機器の直下ではない位置に車上子が存在する場合）

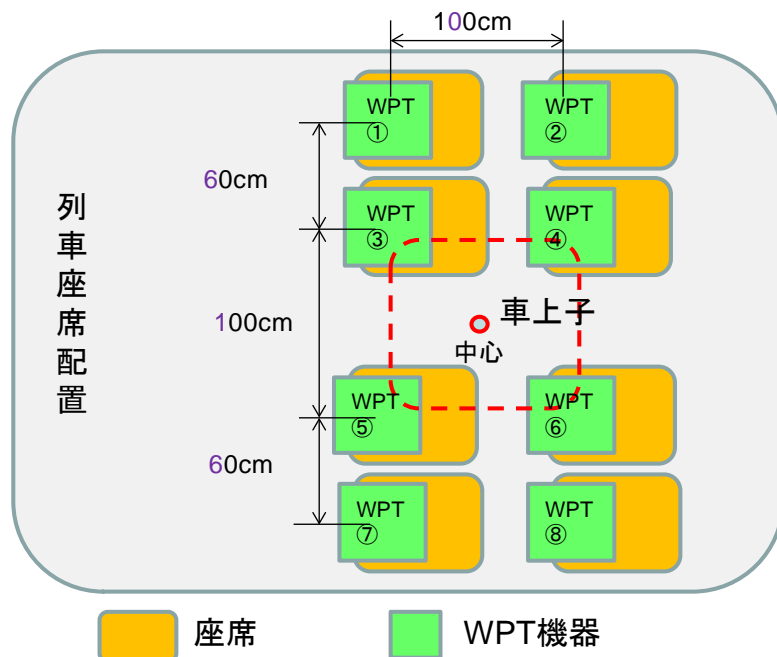



図 3.3.3-7a　複数台利用時の干渉検討モデル 1

WPT 機器③、④、⑤及び⑥が最も車上子に近く、車上子の中心からの距離が 1.31m となるため、車上子の中心に到達する 3 次高調波のレベルは 93.6dBμV/m となる。WPT 機器①、②、⑦及び⑧については、車上子の中心からの距離は 1.63m となるため、到達基本波のレベルは 87.9dBμV/m となる。WPT 機器③、④、⑤及び⑥と比較すると 6dB 程度の減衰があるため、加算対象から外しても問題ない。したがって、WPT 機器③、④、⑤及び⑥を確率計算の対象とする。

周波数が重なる条件として最も可能性が高いのは、対象となる 4 台のうち 2 台が同じ周波数となる場合であり、確率は以下のとおりとなる。

周波数の組合せ数：2000 通り

確率：$P = {}_4C_2$ ×(1/周波数の組合せ数)^2 ×(周波数の組合せ数-1)/周波数の組合せ数)^2×(周波数の組合せ数)×100

$= (4\times3)/2 \times (1/2000)^2 \times (1999/2000)^2 \times 2000 \times 100$

$= 0.3\%$

さらに、3 台が同じ周波数となる確率は同様に計算すると 0.0004%となる。

イ　確率計算(ある一つの WPT 機器の直下に車上子が存在する場合)

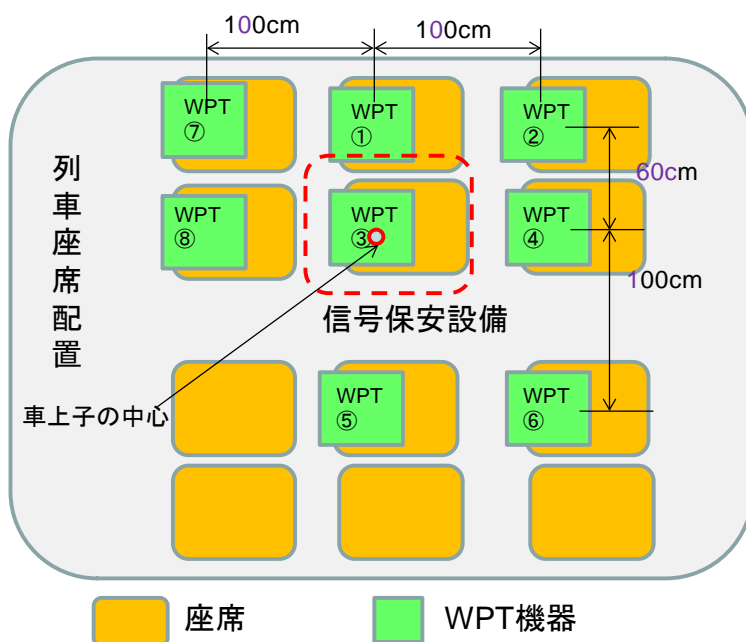



図 3.3.3-7b　複数台利用時の干渉検討モデル 2

WPT 機器③が最も車上子に近く、車上子の中心からの距離が 1.1m となるため到達する基本波のレベルは 98.1dBuV/m となる(3m 時の測定データ 72dBuV/m を基に算出)。WPT 機器③に最も近い WPT 機器①の車上子の中心からの距離は 1.25m となるため、到達する基本波のレベルは 94.8dBuV/m となる。この値は、WPT 機器③と比較すると 3dB 程度の減衰となるため、加算対象として考慮が必要である。また、更に離れている WPT 機器④及び⑧の車上子の中心からの距離は 1.49m となり、到達する基本波のレベルは 87.2dBuV/m と 10dB 以上の減衰があるため、加算対象から外しても問題ない。さらに、WPT 機器②、⑤、⑥及び⑦はこれより減衰が大きいことから加算対象から外しても問題ない。よって WPT①及び③の 2 台を確率計算の対象とする。

周波数が重なる条件として最も可能性が高いのは、対象となる 2 台が同じ周波数となる場合であり、確率は以下のとおりとなる。

周波数の組合せ数：2000

確率：P ＝ (1/周波数の組合せ数)^2 ×100

＝(1/2000)^2 ×100

＝ 0.000025%

以上の結果より、実用上干渉が発生する可能性は極めて低いと考えられる。

ウ　確率計算（車両床下に車上子の配線が存在する場合）

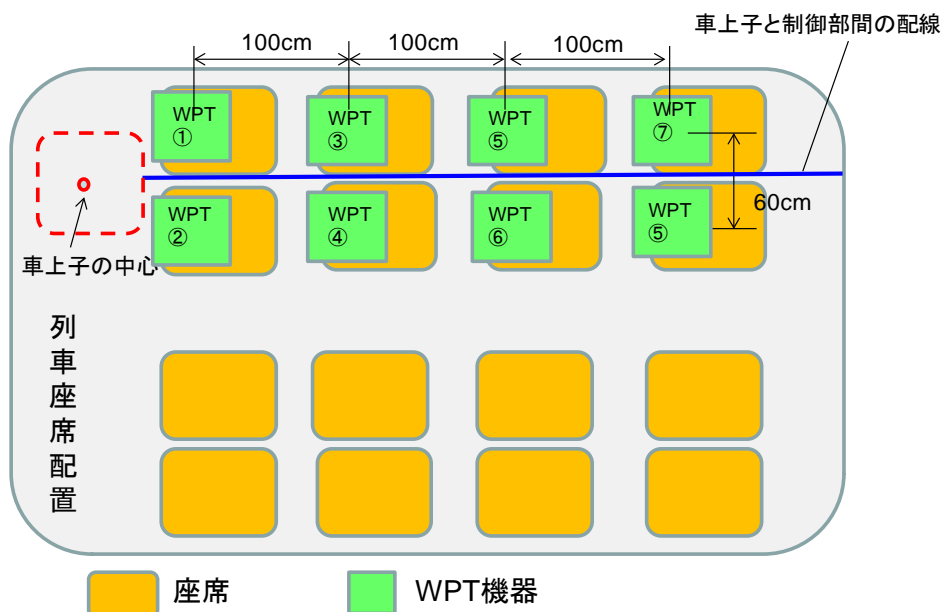



図 3.3.3-7c　複数台利用時の干渉検討モデル 3

このケースでは全ての WPT 機器が配線から同じ距離にある。配線からの距離が 0.69m となるため到達する基本波のレベルは 110.3dBuV/m になる（3m 時の測定データ 72dBuV/m を基に算出）。この中で 2 台の WPT 機器が同じ周波数になる確率が最も高く、確率は以下のとおりとなる。

周波数の組合せ数：2000

確率：P ＝　8C2 ×(1/周波数の組合せ数)^2 ×

((周波数の組合せ数-1)/周波数の組合せ数)^6

×(周波数の組合せ数)×100

＝ (8×7)/2 ×(1/2000)^2 ×(1999/2000)^6 ×2000 ×100

＝ 1.4%

また、3 台が同じ周波数となる確率は同様に計算すると 0.004%となる。

なお、各台数が同一周波数となった時の電界強度を表 3.3.3-4 に示す。加算される台数が多いほど電界強度も大きくなる。

表 3.3.3-4 複数台の WPT 機器が同一周波数となったときの電界強度

台数	電界強度 uV	電界強度 dBuV/m
1	3981	72
2	5630	75.0
3	6895	76.8
4	7962	78.0
5	8902	79.0
8	11260	81.0

確率は、低いものの 2 台が同じ周波数になった場合には電界強度が 3dB 大きくなるため、所要離隔距離への影響が発生する。所要離隔距離の計算結果を表 3.3.3-5 に示す。

表 3.3.3-5　2 台が同じ周波数になった場合の所要離隔距離（車両内での WPT 使用）

ATS利用周波数	家電機器用 WPT③ 100W				ATS許容干渉レベル			共用可能な離隔距離
	バンド	最大放射磁界レベル @30m		複数台による電界強度上昇	コイルに流れる電流（許容電流）	許容干渉レベル（磁界強度）		
		mA/m	dBμA/m	dB	mA	mA/m	dBμA/m	(m)
425kHz-524kHz	425-524kHz	0.000067	-23.5	3.0	6.30	10.1	80.1	0.63

所要離隔距離は、0.56m から 0.63m と約 7cm 長くなり、目標の 0.62m を超えてしまう。しかし、このモデルでは 8 人全員が座席に WPT 機器を置き、充電したまま席を立つ状況を想定しており、実際にこのような状況になる可能性は極めて低い。また、表 3.3.3-6 に示す所要離隔距離の計算より車体による遮蔽等の緩和要素が 0.8dB 以上あれば 0.62m 以下となることから、実用上、干渉が発生する可能性は極めて低いと考えられる。

表 3.3.3-6　　緩和要素 0.8dB を考慮した場合の所要離隔距離（車両内での WPT 使用）

ATS利用周波数	家電機器用 WPT③ 100W					ATS許容干渉レベル			共用可能な離隔距離
	バンド	最大放射磁界レベル @30m		その他の緩和要素	複数台による電界強度上昇	コイルに流れる電流（許容電流）	許容干渉レベル（磁界強度）		
		mA/m	dBμA/m	dB	dB	mA	mA/m	dBμA/m	(m)
425kHz-524kHz	425-524kHz	0.000067	-23.5	-0.8	3.0	6.30	10.1	80.1	0.61

(9) CISPR11 クラス B 許容値の適用について

これまで、所要離隔距離を満たすために 3.1(4)で設定した漏えい磁界強度の目標値に対して 12dB 低減した-23.5dBuV/m(測定距離 30m)にて共用の検討を進めてきた。ここでは国際協調の観点から CISPR11 クラス B の許容値を適用した場合に共用が可能かどうかを検討する。便宜上、漏えい磁界強度の値を距離 10m に換算して比較した図を図 3.3.3-8 に示す。

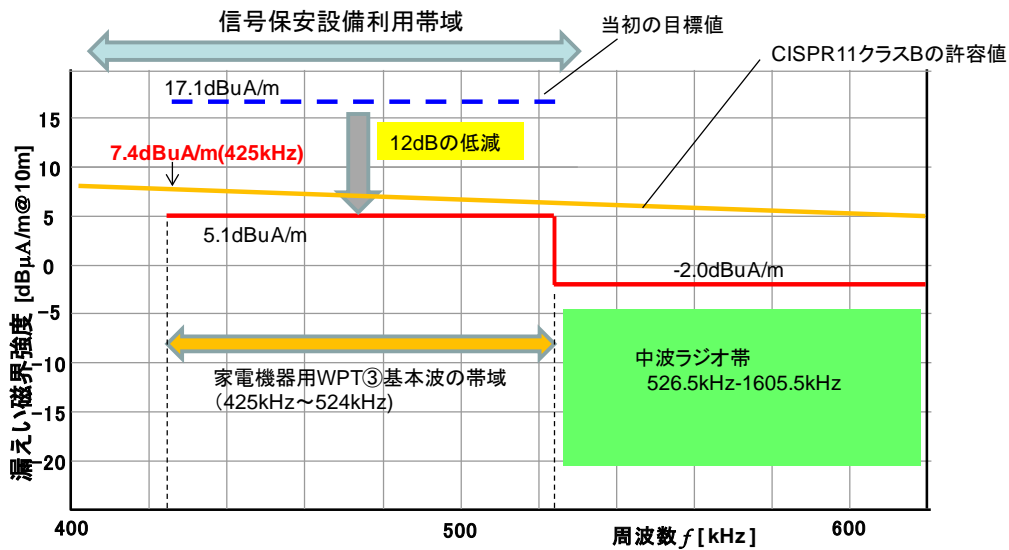



図 3.3.3-8 漏えい磁界強度の比較

この図より 12dB 低減した漏えい磁界強度の目標値と CISPR11 クラス B の許容値の差が最も大きいのは利用周波数が最も低い 425 kHz の値であり、その差は 2.3dB となる。この 2.3dB の差を考慮して最も条件が厳しい車両内での複数台利用時で、かつ、車両床下に車上子の配線が存在する場合の所要離隔距離の計算を行った。(表 3.3.3-7 参照)

表 3.3.3-7　CISPR 11 クラス B の許容値を反映した所要離隔距離（車両内での WPT 使用）

ATS利用周波数	家電機器用 WPT③　100W					ATS許容干渉レベル			共用可能な離隔距離
	バンド	最大放射磁界レベル@30m		CISPR11反映	複数台による電界強度上昇	コイルに流れる電流(許容電流)	許容干渉レベル(磁界強度)		
		mA/m	dB μ A/m	dB	dB	mA	mA/m	dB μ A/m	(m)
425kHz-524kHz	425-524kHz	0.000067	-23.5	0.0	3.0	6.30	10.1	80.1	0.63
425kHz-524kHz	425-524kHz	0.000067	-23.5	-2.3	3.0	6.30	10.1	80.1	0.69

その結果、CISPR11 クラス B の規格値を 425 kHz の周波数に適用した場合も、所要離隔距離は 0.69m と目標の 0.62m を超える。しかしながら、複数台使用での計算については、既に想定自体が実際には最悪な使用状況を想定していること、常時ではないこととと、さらに、椅子の金属フレームによる遮蔽や、床面での遮蔽を考慮すると、実用上、干渉が発生する可能性は極めて低いと考えられる。

(10) 検討結果のまとめ

以上の検討結果から、家電機器用 WPT③は 400 kHz～500 kHz 帯を利用する信号保安設備に対して許容値を 12dB 低減する、又は CISPR 11 クラス B の許容値とすることで、

下に列挙するとおり共存条件を満足することができた。許容値をCISPR 11クラスBの許容値以下とすれば、一般電子機器と同等の漏えい磁界強度となるため、実用上、干渉の問題が発生する可能性は極めて低いと考られる。

- WPT機器が屋内にある場合の所要離隔距離は建築限界の1.5mを下回る。
- WPT機器が車両内にある場合の所要離隔距離は想定される最短距離である0.62mを下回る。
- アグリゲーションの検討結果から、一部の条件で所要離隔距離が0.62mを数cm上回るが、実用上、干渉が発生する可能性は極めて低いと考えられる。

3.4　列車無線等：誘導式列車無線との共用検討

誘導式列車無線との周波数共用検討についても、信号保安設備と同様に、電技協が設置した「WPT と鉄道設備共存検討会」において、BWF、鉄道事業者、関連メーカ、公益財団法人鉄道総合技術研究所が参加して実施した。検討対象となる WPT システムは、電気自動車用 WPT 及び家電機器用 WPT②である。

(1) 誘導式列車無線の概要

誘導式列車無線は、図 3.4-1 に示すように、線路に沿って設置された誘導線と列車の車上に設置されたアンテナとの間で通信を行う高周波利用設備である。本設備は、地上の指令員と列車の乗務員との間で安全・安定運行のために必要な指示・情報の伝達を行うためのものであり、鉄道に関する技術上の基準を定める省令（平成 13 年 12 月 25 日国土交通省令第 151 号）上の保安用通信設備として位置付けられている。

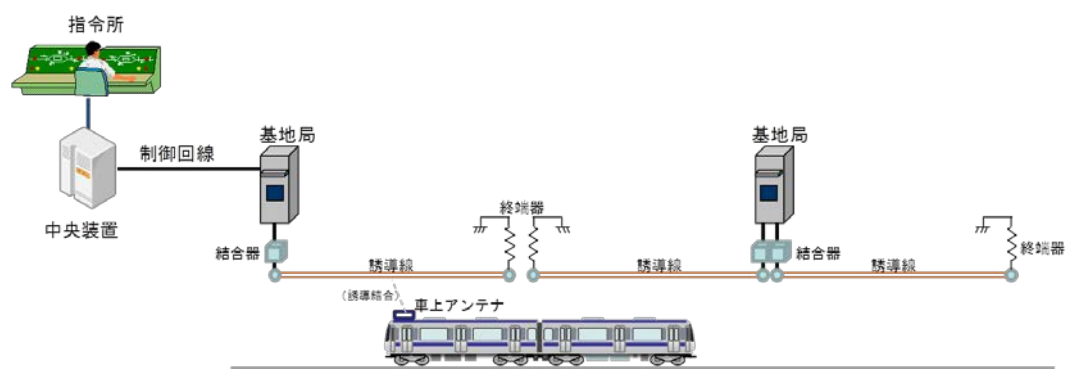



図 3.4-1　誘導式列車無線システムの概要

誘導式列車無線は、地上の誘導線と車上アンテナと間の電磁的な結合方式によって、直接結合方式と間接結合方式に大きく分けることができる。直接結合方式については、図 3.4-2 に示すように、車上アンテナが列車の側面に設置された側面式、車上アンテナが列車の下部に設置された床下式、車上アンテナが列車の下部の側面に設置された床下側面式、車上アンテナが列車の上部に設置された屋根上水平式の 4 通りの結合形態が存在する。また、間接結合方式では、電車に駆動用の電力を供給するき電線を経由して結合を行っている。

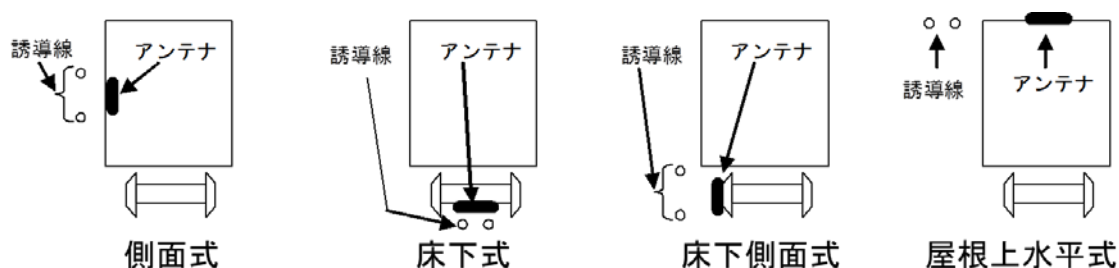



図 3.4-2　誘導式列車無線システムの結合形態（直接結合方式）

3.4.1　電気自動車用 WPT

(1) WPT 使用周波数域における誘導式列車無線の利用状況

電気自動車用 WPT が使用を予定している周波数域を対象として、当該の帯域内で利用されている誘導式列車無線の使用周波数を調査した。調査結果を図 3.4.1-1 に示す。誘導式列車無線が一般的に使用している周波数帯は 100 kHz 以上 250 kHz 以下であるが、80 kHz 及び 92 kHz の周波数帯において、国内では単一の線区で誘導式列車無線が運用されている。なお、国土交通省が公表している資料によれば、当該の線区と同類の鋼索鉄道の路線長は全国で約 22km（全鉄軌道では約 36,000km）であり、当該の線区はこのうちの約 2km である。

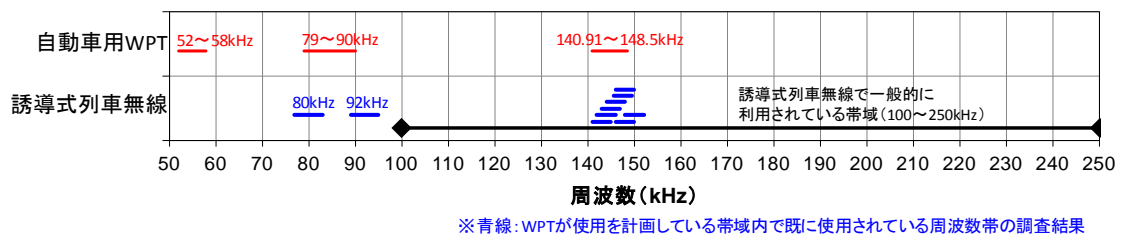



図3.4.1-1　WPTの使用周波数と誘導式列車無線の使用周波数との関係

(2) 所要離隔距離の計算方法

(1)で述べたこれらの周波数の使用状況を踏まえ、WPT からの帯域内放射による誘導式列車無線への影響を検討するに当たっては、対象周波数として 80 kHz 及び 145 kHz を選定し、WPT からの帯域外放射による誘導式列車無線への影響を検討するに当たっては、対象周波数として 130 kHz 及び 245 kHz を選定した。

空間条件として自由空間を仮定し、列車の車体等の周囲の地物の影響は無視した。

放射源となる WPT システムが微小ループであると仮定し、当該微小ループにより WPT システムの目標漏えい磁界強度を生じる場合に、微小ループに流れる電流相当値を算出した。当該微小ループに流れる電流相当値から、誘導線又は車上アンテナに相当する受信側ループにおける磁界強度を計算した。続いて、受信側ループにおける磁界強度の計算値から、空中線の端子に発生する開放端電圧を求め、インピーダンス整合回路での電圧変換比を補正して、受信機入力電圧の距離特性を算出した。この受信機入力電圧の距離特性を基に、スケルチレベル 50dBμV/m に対して 20dB のマージンを考慮した許容受信機入力電圧を超えない距離を算出し、所要離隔距離とした。

(3) 干渉検討モデル

最悪条件を想定し、誘導式列車無線システムの結合形態として側面式を採用し、図 3.4.1-2 に示すように、放射源に相当する WPT システム、誘導線及び車上アンテナが一直線上に並ぶモデルを使用した。WPT システムと誘導線との間の距離をパラメータ「d」

とし、誘導線と車上アンテナとの間の距離は 0.6m とした。

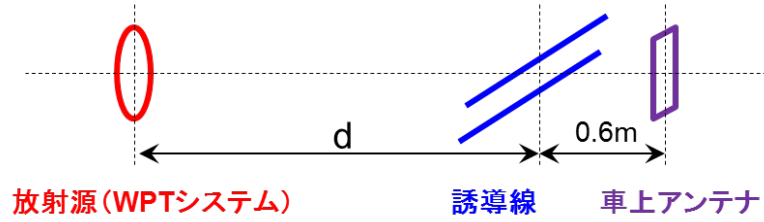



図 3.4.1-2　干渉検討モデル

また、図 3.4.1-3 に示すように、微小ループからの距離が r、z 軸から y 軸方向への角度が θ、x 軸から y 軸への角度が φ である地点における磁界は、式 3.4.1-1、式 3.4.1-2 及び式 3.4.1-3 で与えられる。

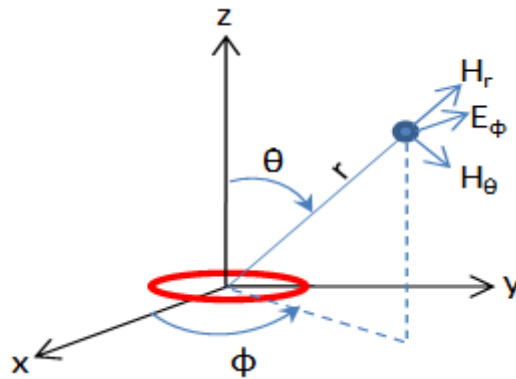



図 3.4.1-3　微小ループによる磁界の計算モデル

$$H_r = \frac{I \cdot S}{2\pi} e^{-jkr} \left(\frac{1}{r^3} + j\frac{k}{r^2} \right) \cos\theta$$ ・・・（式 3.4.1-1）

$$H_\theta = \frac{I \cdot S}{4\pi} e^{-jkr} \left(\frac{1}{r^3} + j\frac{k}{r^2} - \frac{k^2}{r} \right) \sin\theta$$ ・・・（式 3.4.1-2）

$$E_\varphi = -\frac{j\omega\mu I \cdot S}{4\pi} e^{-jkr} \left(\frac{1}{r^2} + j\frac{k}{r} \right) \sin\theta$$ ・・・（式 3.4.1-3）

ただし、I は微小ループによる電流、S は微小ループの面積、k は波数、μ は透磁率、ω は角周波数である。図 3.4.1-2 に示すように、放射源に相当する WPT システム、誘導線及び車上アンテナが一直線上に並ぶモデルを使用した場合は、θ=0 となる。

また、開放端電圧については、ωμSN|H|により求め、終端電圧に換算した。ただし、N はループのターン数、H はループと交差する磁界強度である。誘導線については、S=1 ㎡、N=1 ターン、インピーダンス整合回路での電圧変換比を 600Ω:75Ω とした。車上

アンテナ（130 kHz、145 kHz、245 kHz）については、S=1.3 ㎡、N=10 ターン、インピーダンス整合回路での電圧変換比を 400Ω:75Ωとした。車上アンテナ（80 kHz）については、S=0.076 ㎡、N=66 ターン、インピーダンス整合回路での電圧変換比を 400Ω:75Ωとした。

(4) 所要離隔距離の計算結果

前述の前提条件のもとで、WPT からの帯域内放射による誘導式列車無線への影響を検討する場合における、WPT システムと誘導線との間の離隔距離に対する磁界強度の関係は、図 3.4.1-4 のとおりである。

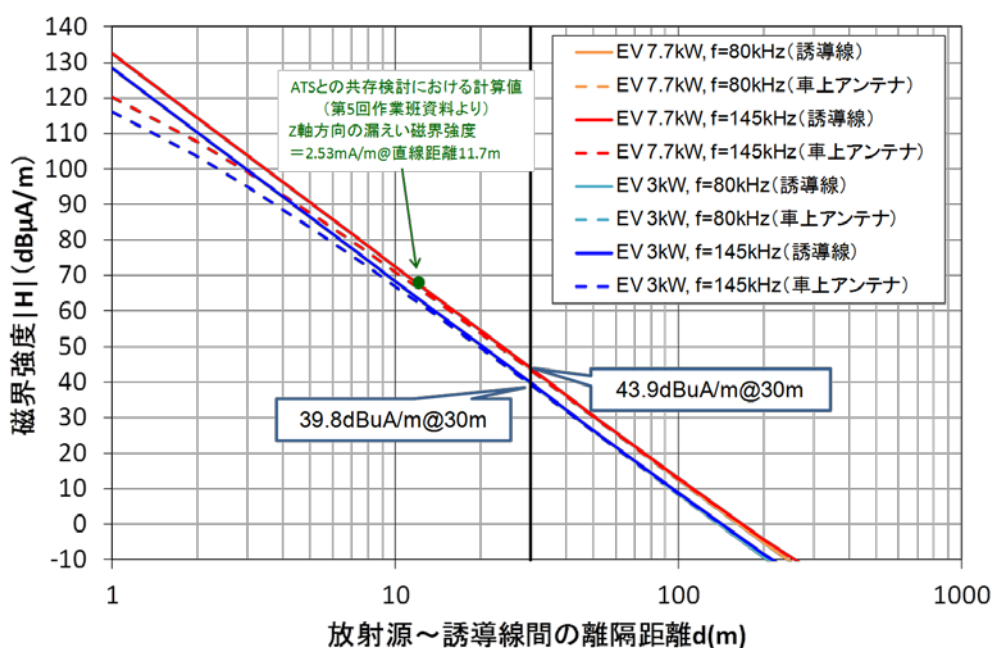



図 3.4.1-4　磁界強度の計算結果（電気自動車用 WPT・帯域内放射）

また、WPT からの帯域外放射による誘導式列車無線への影響を検討する場合における WPT システムと誘導線との間の離隔距離に対する磁界強度の関係は、図 3.4.1-5 のとおりとなった。

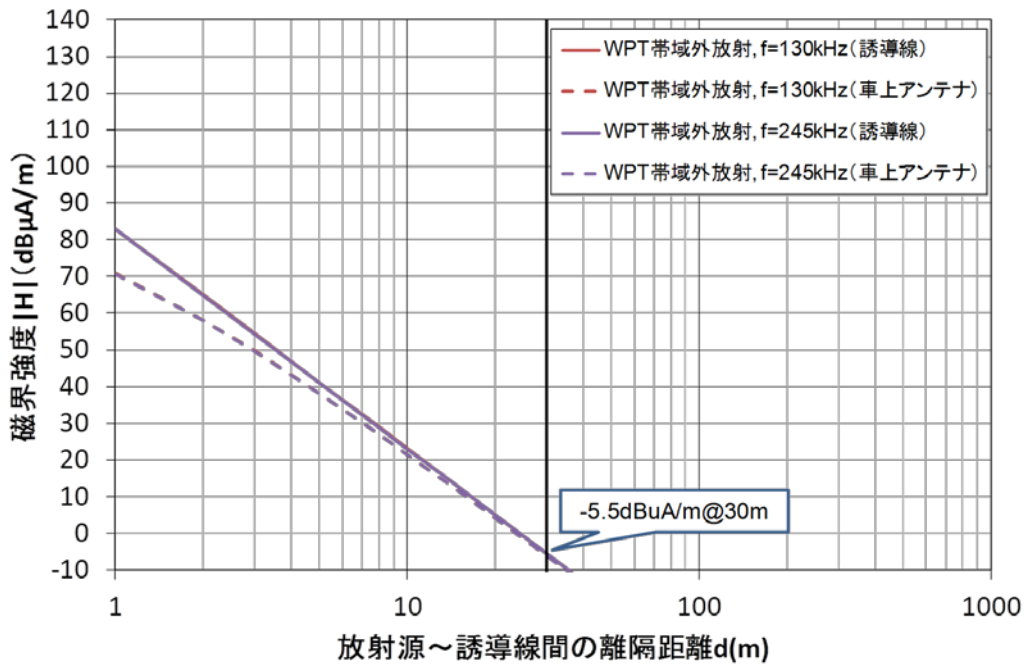



図 3.4.1-5　磁界強度の計算結果（電気自動車用 WPT・帯域外放射）

これらの計算結果を用いて、WPT からの帯域内放射による誘導式列車無線への影響を検討する場合における所要離隔距離は、図 3.4.1-6 のとおり算出される。

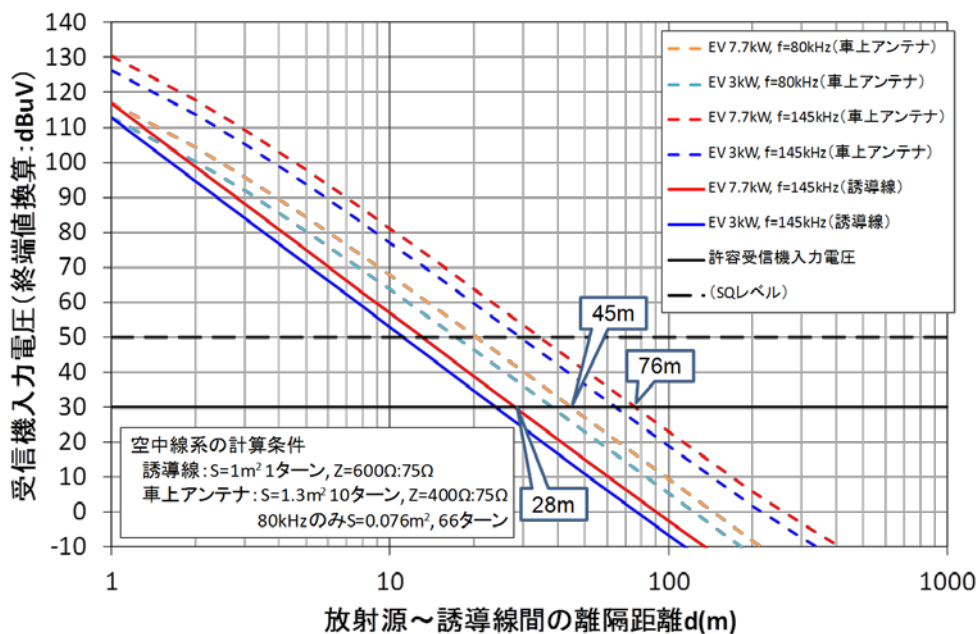



図 3.4.1-6　所要離隔距離の計算結果（電気自動車用 WPT・帯域内放射）

また、WPT からの帯域外放射による誘導式列車無線への影響を検討する場合における

所要離隔距離は、図 3.4.1-7 のとおり算出される。

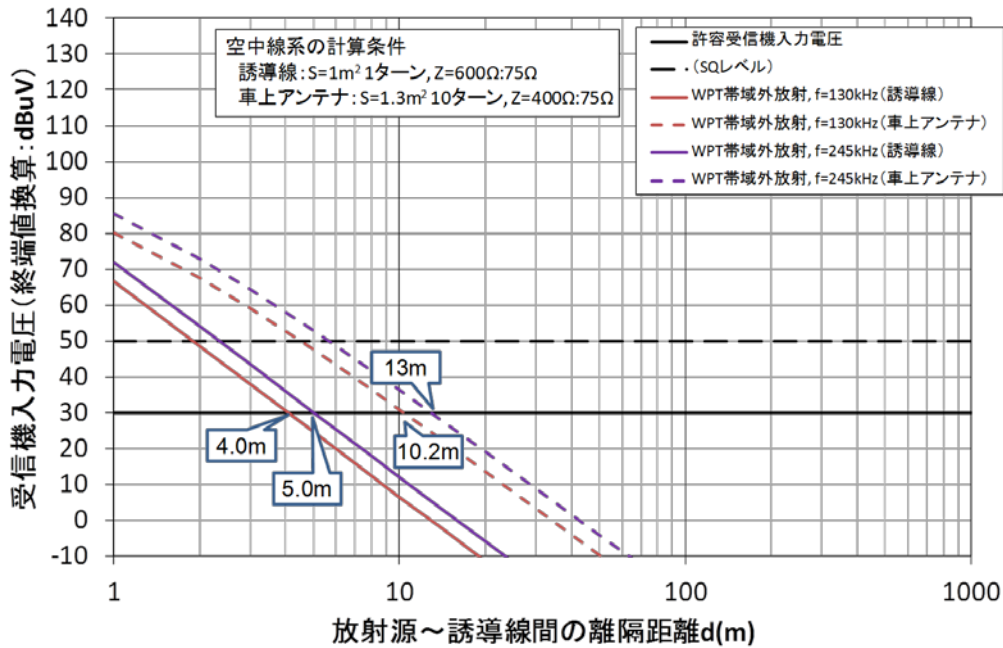



図 3.4.1-7　所要離隔距離の計算結果（電気自動車用 WPT・帯域外放射）

(5) 共用条件の検討

(4)で示した所要離隔距離の計算は、図 3.4.1-8 に示すようなモデルで得られたものである。

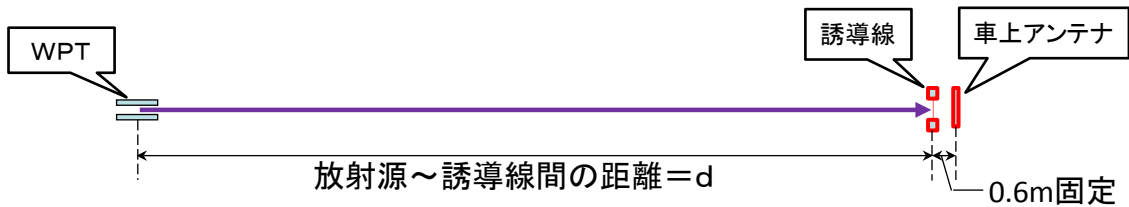



図 3.4.1-8 計算上のモデル

本節では、図 3.4-2 に示した各結合方式に対し、現実に存在しうる配置関係を想定し、WPT と誘導式列車無線との距離 d を整理した。各方式ごとの結果を、図 3.4.1-9～図 3.4.1-14 に示す。

干渉計算における判断基準として、建築限界との比較を行っている。建築限界とは、鉄道車両が安全に線路を走行できるよう、車両と建造物等との接触を防ぐために設定されている空間であり、鉄道事業者では、建築限界内に建造物等が入らないよう、日常的に管理を行っている。建築限界の大きさは鉄道事業者や線区によって異なり、1.5m や 1.8m といった値が設定されている場合があるが、ここでは、ＪＲの在来線で設定さ

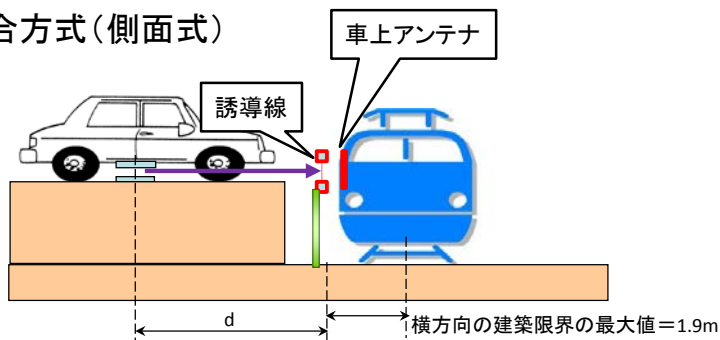
れている建築限界の値（1.9m）を想定した。また、実際の使用場面において WPT が建築限界の内側に置かれることがあるか否かを検討するため、建築限界の最小値ではなく、一般的に最も大きいと考えられる値を使用した。

〇誘導線は建築限界の外にあり、多くは鉄道敷地境界付近に敷設されている。
　→d が1.9m以下となる可能性が排除できない。
〇車体や鉄道敷地境界のフェンス等による遮蔽効果がある。
　→車体とフェンス等の減衰だけで許容できる受信電圧まで低減できる可能性が不明。

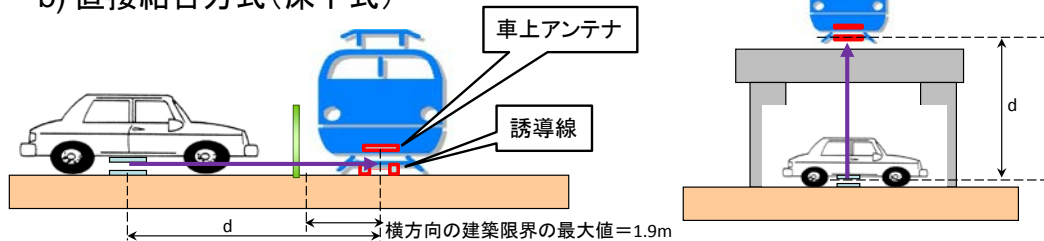
図 3.4.1-9　直接結合方式（側面式）の場合

〇誘導線は軌道内にある。
　→d が1.9m以内になることはないと想定できる。
〇車体や鉄道敷地境界のフェンス、構造物等による遮蔽効果がある。
　→車体とフェンス、構造物等の減衰だけで許容できる受信電圧まで低減できる可能性が不明。

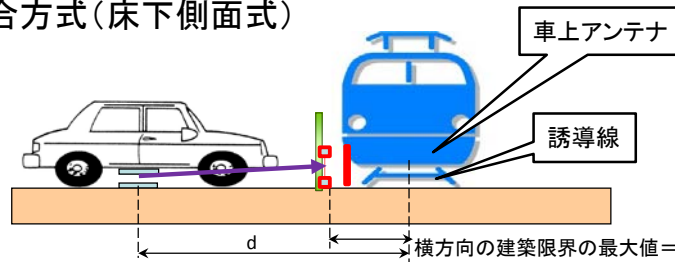
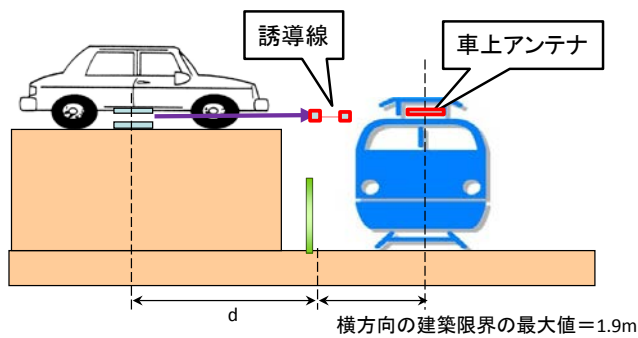
図 3.4.1-10　直接結合方式（床下式）の場合

〇誘導線は建築限界の外にあり、多くは鉄道敷地境界付近に敷設されている。
→d が1.9m以下となる可能性が排除できない。
〇車体や鉄道敷地境界のフェンス等による遮蔽効果がある。
→車体とフェンス等の減衰だけで許容できる受信電圧まで低減できる可能性が不明。

図 3. 4. 1-11 直接結合方式（床下側面式）の場合

d) 直接結合方式（屋根上平面式）

〇誘導線は建築限界の外にあり、多くは鉄道敷地境界付近に敷設されている。
→d が1.9m以下となる可能性が排除できない。
〇車体や鉄道敷地境界のフェンス、構造物等による遮蔽効果がある。
→車体とフェンス等の減衰だけで許容できる受信電圧まで低減できる可能性が不明。

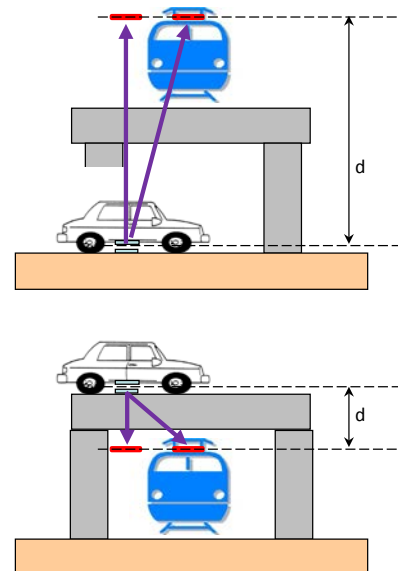



図 3. 4. 1-12 直接結合方式（屋根上平面式）の場合

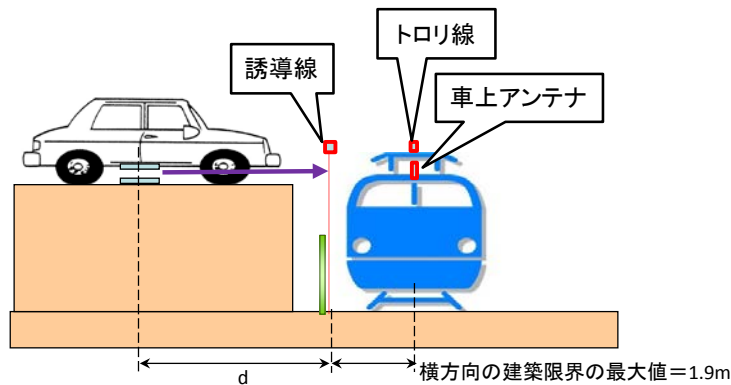
e) 間接結合方式

〇誘導線は建築限界の外にあり、多くは鉄道敷地境界付近に敷設されている。
　→ d が1.9m以下となる可能性が排除できない。
〇車体や鉄道敷地境界のフェンス等による遮蔽効果がある。
　→ 車体とフェンス等の減衰だけで許容できる受信電圧まで低減できる可能性が不明。
〇間接結合方式では、地上側のループ面は誘導線と大地間で構成される。
　→ 放射される磁界と交差する面積が増え、受信電圧が上昇する可能性。

図 3.4.1-13 間接結合方式の場合

f) 電車線方式

〇誘導線は軌道内にある。
　→ d が1.9m以内になることはないと想定できる。
〇車体や鉄道敷地境界のフェンス等による遮蔽効果がある。
　→ 車体とフェンス等の減衰だけで許容できる受信電圧まで低減できる可能性が不明。
〇電車線方式では、地上側のループ面はトロリ線と大地間で構成される。
　→ 放射される磁界と交差する面積が増え、受信電圧が上昇する可能性。

図 3.4.1-14 電車線方式の場合

なお、80 kHz 帯については、誘導式列車無線として利用している線区が単一であることから、当該の線区における結合方式に基づいて、所要離隔距離の再計算を行った。

想定される位置関係の条件を図 3.4.1-15 に、また図 3.4.1-15 の条件の下で離隔距離 d を変えた場合の受信電圧の計算結果を図 3.4.1-16 に示す。

図 3.4.1-15 80 kHz 帯を使用している誘導式列車無線における位置関係の例

図 3.4.1-16 80 kHz 帯を使用している誘導式列車無線における離隔距離の計算結果

(6) 検討結果

本節では、これまでに述べた計算と検討を基にまとめた共用条件を示す。なお、共用可能と判断するための基準としては、以下のとおりとした。

ｉ）WPT で使用する周波数と鉄道設備が使用する周波数が重ならない。

又は

ⅱ）所要離隔距離が、鉄道設備における建築限界内に入っている（干渉が発生する可能性のある距離が、鉄道事業者の関与なく WPT を置くことができない位置である）。

(ア)42 kHz 以上 48 kHz 以下

本周波数帯には空間を伝搬媒体として用いる列車無線設備が使用されていないため、誘導式列車無線との共用条件を満たすものと考えられる。

(イ)52 kHz 以上 58 kHz 以下

本周波数帯には空間を伝搬媒体として用いる列車無線設備が使用されていないため、誘導式列車無線との共用条件を満たすものと考えられる。

(ウ)79 kHz 以上 90 kHz 以下

本周波数帯内と近傍の 80 kHz と 92 kHz は、国内で一か所ではあるが単一の線区に導入されている誘導式列車無線が存在し、計算上の所要離隔距離は、車上アンテナに対して約 45m である。本周波数帯を使用する誘導式列車無線の線区では誘導線と車上アンテナがともに軌道の中心線上にあり、WPT が設置可能な最短離隔距離は建築限界に相当する距離（1.5m～1.9m 程度）になるものと考えられる。このとき、WPT が設置可能な最短離隔距離において許容できる受信電圧とするためには、WPT から放射される磁界強度を 80dB 以上減衰させる必要がある。

したがって、必要なガードバンド幅に依存するが、必要なガードバンド幅が 3 kHz の場合は、83 kHz 以上 89 kHz 以下については、誘導式列車無線との共用条件を満たすものと考えられる。

(エ)140.91 kHz 以上 148.5 kHz 以下

本周波数帯には多くの線区に導入されている誘導式列車無線が存在し、計算上の所要離隔距離は、誘導線に対して約 28m、車上アンテナに対して約 76m である。本周波数帯では各種の結合方式が採用されている。結合方式によっては誘導線が建築限界の外に敷設されており、WPT が設置された位置と誘導線との離隔距離が建築限界よりも短く、また車上アンテナに対しても建築限界＋1～2m となる可能性を排除できない。このとき、WPT が設置可能な最短離隔距離において許容できる受信電

圧とするためには、WPT から放射される磁界強度を 88dB 以上減衰させる必要がある。

以上の検討結果から明らかなように、79 kHz～83 kHz、89 kHz～90 kHz 及び 140.91 kHz～148.5 kHz については、所要離隔距離が建築限界（1.5m～1.9m）を超えており、現在対象となっている WPT 装置の開発状況においては、共用は困難と考えられる。しかし、この判断は離隔距離に依存したものであり、WPT の設置において必要な離隔距離を確保するための法的な規制等により共用が可能となるケースも考えられる。

3.4.2　家電機器用 WPT②（家庭・オフィス機器）

(1) WPT 使用周波数域における誘導式列車無線の利用状況

家電機器用 WPT②が使用を予定している周波数域を対象として、当該の周波数域内で利用されている誘導式列車無線の使用周波数を調査した。調査結果を図 3.4.2-1 に示す。誘導式列車無線が一般的に使用している周波数帯は 100 kHz 以上 250 kHz 以下であるが、77 kHz 以上 83 kHz 以下及び 89 kHz 以上 95 kHz 以下の周波数帯において、国内では単一の線区で誘導式列車無線が運用されている。なお、100 kHz を搬送波として使用している線区に対しては、97 kHz～100 kHz をガードバンドとして設定する必要がある。

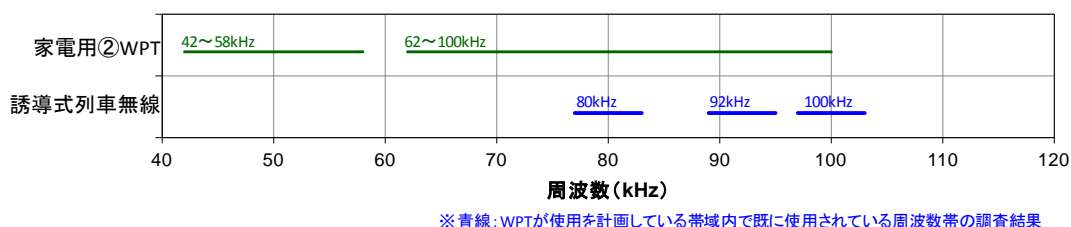



図 3.4.2-1　WPT の使用周波数と誘導式列車無線の使用周波数との関係

(2) 所要離隔距離の計算方法

(1)で述べた周波数の使用状況を踏まえ、WPT からの帯域内放射による誘導式列車無線への影響を検討するに当たっては、対象周波数として 80 kHz を選定し、WPT からの帯域外放射による誘導式列車無線への影響を検討するに当たっては、対象周波数として 130 kHz 及び 245 kHz を選定した。

空間条件として、自由空間を仮定し、列車の車体等の周囲の地物の影響は無視した。

放射源となる WPT システムが微小ループであると仮定し、当該微小ループにより WPT システムの目標漏えい磁界強度を生じる場合に、微小ループに流れる電流相当値を算出した。当該微小ループに流れる電流相当値から、誘導線又は車上アンテナに相当す

る受信側ループにおける磁界強度を計算した。続いて、受信側ループにおける磁界強度の計算値から、空中線の端子に発生する開放端電圧を求め、インピーダンス整合回路での電圧変換比を補正して、受信機入力電圧の距離特性を算出した。受信機入力電圧の距離特性と、スケルチレベル「50dBμV/m」に対して「20dB」のマージンを考慮した許容受信機入力電圧を超えない距離を算出し、所要離隔距離とした。

(3) 干渉検討モデル

最悪条件を想定し、誘導式列車無線システムの結合形態として側面式を採用し、図3.4.2-2 に示すように、放射源に相当する WPT システム、誘導線及び車上アンテナが一直線上に並ぶモデルを使用した。WPT システムと誘導線との間の距離をパラメータ「d」とし、誘導線と車上アンテナとの間の距離は 0.6m とした。

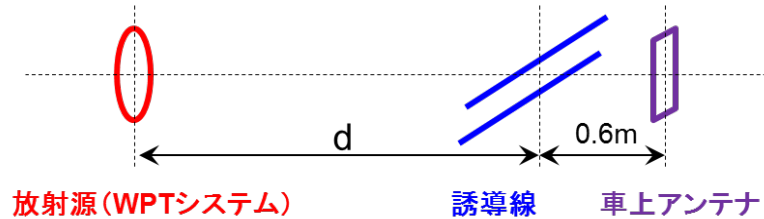



図 3.4.2-2　干渉検討モデル

また、図 3.4.2-3 に示すように、微小ループからの距離が r、z 軸から y 軸方向への角度がθ、x 軸から y 軸への角度がφである地点における磁界は、式 3.4.2-1、式 3.4.2-2 及び式 3.4.2-3 で与えられる。

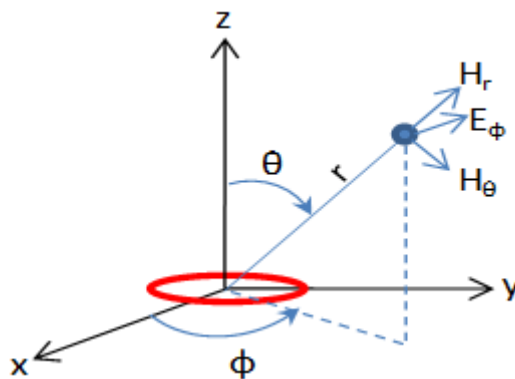



図 3.4.2-3　微小ループによる磁界の計算モデル

$$H_r = \frac{I \cdot S}{2\pi} e^{-jkr} \left(\frac{1}{r^3} + j\frac{k}{r^2} \right) \cos\theta \qquad \cdots（式 3.4.2-1）$$

$$H_\theta = \frac{I \cdot S}{4\pi} e^{-jkr} \left(\frac{1}{r^3} + j\frac{k}{r^2} - \frac{k^2}{r} \right) \sin\theta \qquad ・・・（式 3.4.2-2）$$

$$E_\varphi = -\frac{j\omega\mu I \cdot S}{4\pi} e^{-jkr} \left(\frac{1}{r^2} + j\frac{k}{r} \right) \sin\theta \qquad ・・・（式 3.4.2-3）$$

ただし、I は微小ループによる電流、S は微小ループの面積、k は波数、μ は透磁率、ω は角周波数である。図 3.4.2-2 に示すように、放射源に相当する WPT システム、誘導線及び車上アンテナが一直線上に並ぶモデルを使用した場合は、 θ=0 となる。

また、開放端電圧については、ωμSN|H|により求め、終端電圧に換算した。ただし、N はループのターン数、H はループと交差する磁界強度である。誘導線については、S=1 ㎡、N=1 ターン、インピーダンス整合回路での電圧変換比を 600Ω:75Ωとした。車上アンテナ（130 kHz、245 kHz）については、S=1.3 ㎡、N=10 ターン、インピーダンス整合回路での電圧変換比を 400Ω:75Ωとした。車上アンテナ（80 kHz）については、S=0.076 ㎡、N=66 ターン、インピーダンス整合回路での電圧変換比を 400Ω:75Ωとした。

(4) 所要離隔距離の計算結果

前述の前提条件のもとで、WPT からの帯域内放射による誘導式列車無線への影響を検討する場合における WPT システムと誘導線との間の離隔距離に対する磁界強度の関係は、図 3.4.2-4 のとおりである。

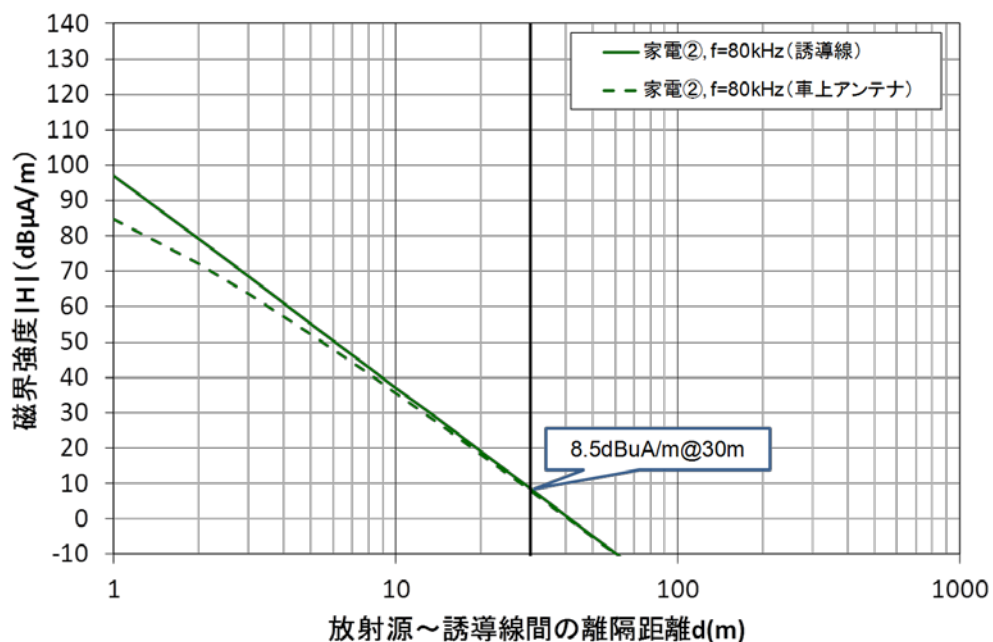



図3.4.2-4　磁界強度の計算結果（家電機器用WPT②・帯域内放射）

また、WPT からの帯域外放射による誘導式列車無線への影響を検討する場合における、WPT システムと誘導線との間の離隔距離に対する磁界強度の関係は、図 3.4.2-5 のとおりである。

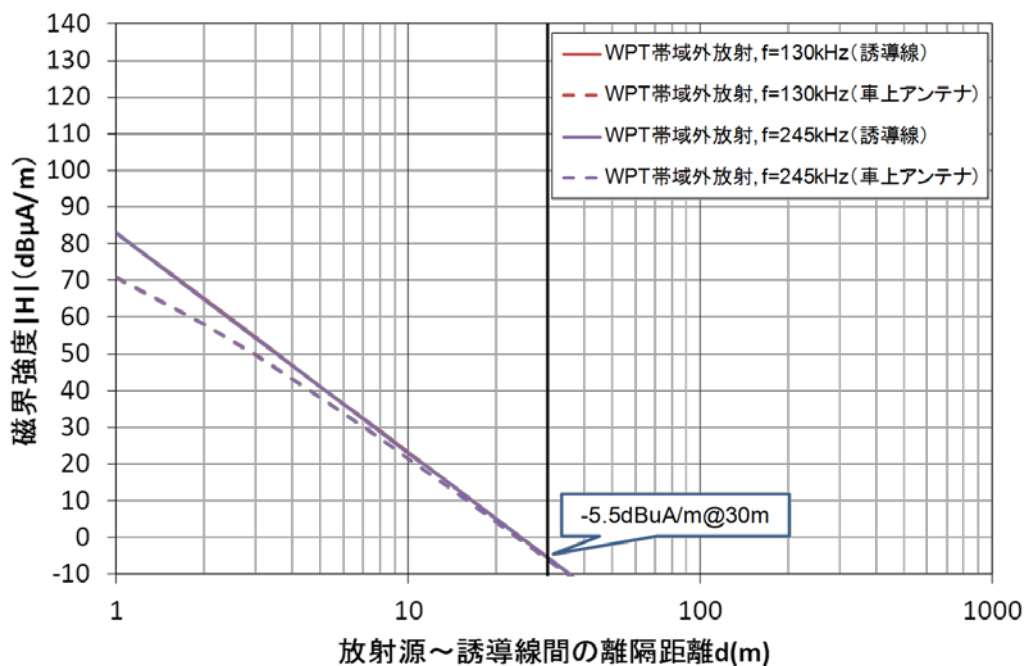



図3.4.2-5　磁界強度の計算結果（家電機器用WPT②・帯域外放射）

これらの計算結果を用いて、WPT からの帯域内放射による誘導式列車無線への影響を検討する場合における所要離隔距離は、図 3.4.2-6 のとおり算出される。

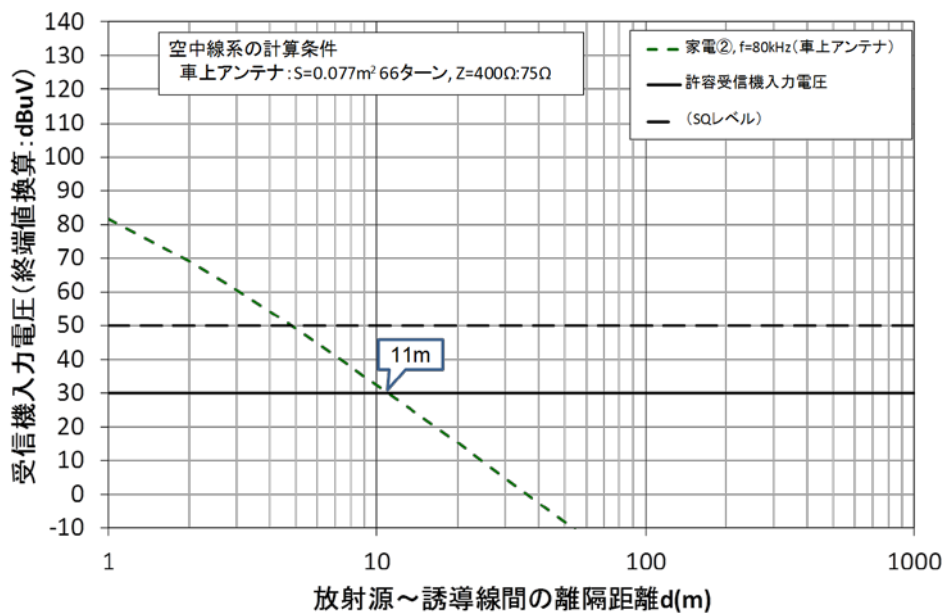



図3.4.2-6　所要離隔距離の計算結果（家電機器用WPT②・帯域内放射）

また、WPTからの帯域外放射による誘導式列車無線への影響を検討する場合における所要離隔距離は、図3.4.2-7のとおり算出される。

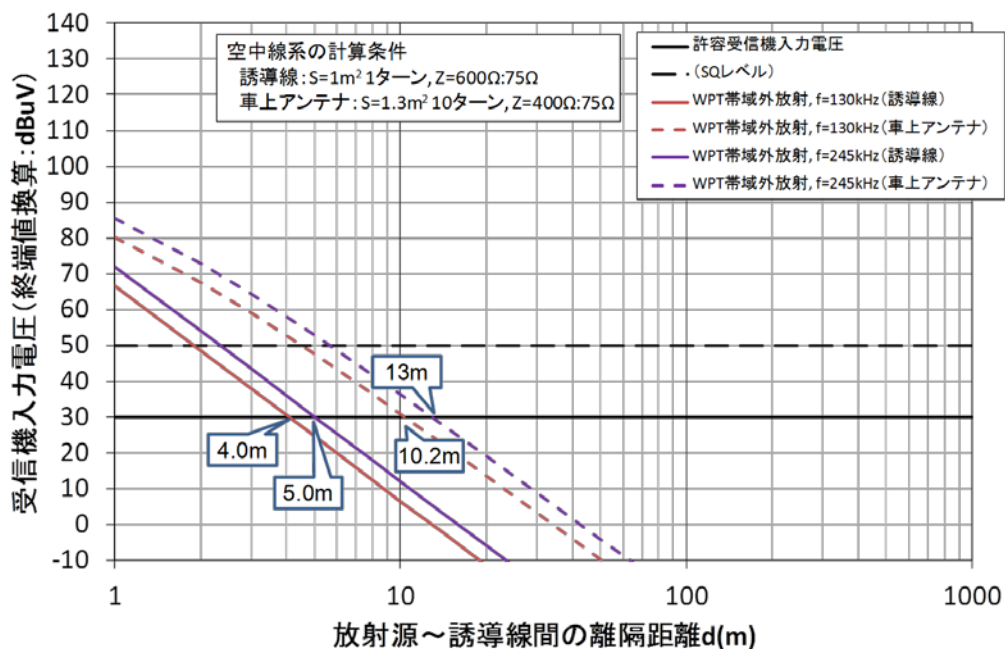



図3.4.2-7　所要離隔距離の計算結果（家電機器用WPT②・帯域外放射）

(5) 共用条件の検討

(4)で示した所要離隔距離の計算は、図 3.4.2-8 に示すようなモデルで得られたものである。

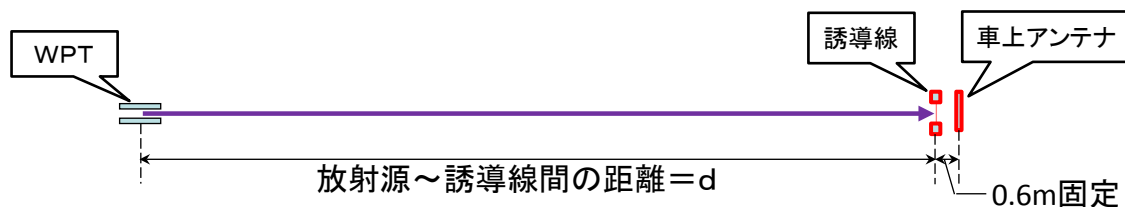



図 3.4.2-8 計算上のモデル

家電用 WPT②が使用する周波数帯のうち、80 kHz 帯が誘導式列車無線に利用されているが、当該の線区が単一であることから、この線区における結合方式に基づいて、所要離隔距離の再計算を行った。想定される位置関係の条件を図 3.4.2-9 に、また図 3.4.2-10 の条件の下で離隔距離 d を変えた場合の受信電圧の計算結果を図 3.4.2-10 に示す。

○当該の線区は電車線を誘導線として使う方式のため、誘導線・車上アンテナとも車両の中心線上にある。
→水平離隔距離 が1.9m以内になることはないと想定できる。
※軌間が1067mmのため、在来線鉄道と同じ建築限界と仮定

○車上アンテナのループ面は上向き方向である。
→放射された磁界が地面で遮蔽されず、かつ車上アンテナのループ面と交差する角度が大きくなる配置として、右図のような条件を仮定し、dを変えたときの受信電圧を計算する。
（このとき、アンテナのループ面と磁界の交差角度は64.5°、dは最短で約4.4mとなる）

○車体や家屋等による遮蔽効果が考えられるが、本モデルは損失はないものと仮定する。

トロリ線
（誘導線を兼ねる）
車上アンテナ
d
h_v=4m
1.9m
WPT

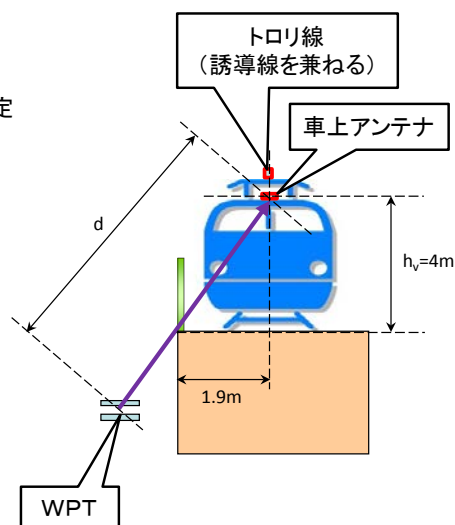



図 3.4.2-9 80 kHz 帯を使用している誘導式列車無線における位置関係の例

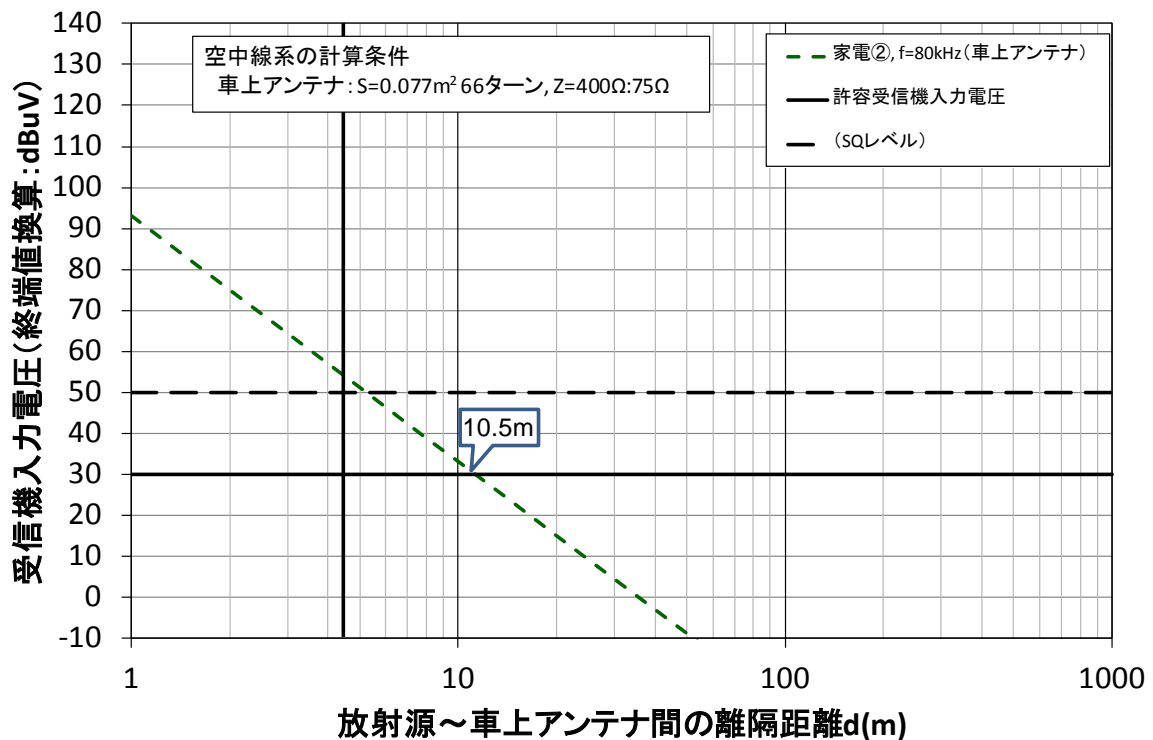



図 3.4.2-10 80 kHz 帯を使用している誘導式列車無線における離隔距離の計算結果

(6) 検討結果

本節では、これまでに述べた計算と検討を基にまとめた共用条件を示す。なお、共用可能と判断するための基準としては、以下のとおりとした。

ｉ）WPT で使用する周波数と鉄道設備が使用する周波数が重ならない。

又は

ⅱ）所要離隔距離が、鉄道設備における建築限界内に入っている（干渉が発生する可能性のある距離が、鉄道事業者の関与なく WPT を置くことができない位置である）。

(ア)20.05 kHz 以上 38 kHz 以下

本周波数帯には空間を伝搬媒体として用いる列車無線設備が使用されていないため、誘導式列車無線との共用条件を満たすものと考えられる。

(イ)42 kHz 以上 58 kHz 以下

本周波数帯には空間を伝搬媒体として用いる列車無線設備が使用されていないため、誘導式列車無線との共用条件を満たすものと考えられる。

（ウ）62 kHz 以上 100 kHz 以下

本周波数帯には単一の線区に導入されている誘導式列車無線が存在し、計算上の所要離隔距離は、車上アンテナに対して約 11m である。本周波数帯を使用する誘導式列車無線が導入されている線区では、誘導線と車上アンテナがともに軌道の中心線上にあり、WPT が設置可能な最短離隔距離は建築限界に相当する距離（1.5m～1.9m 程度）になるものと考えられる。このとき、WPT が設置可能な最短離隔距離において許容できる受信電圧とするためには、WPT から放射される磁界強度を 25dB 以上減衰させる必要がある。

なお、97 kHz～100 kHz に対しては、100 kHz を搬送波周波数として使用している線区が複数存在しているため、当該の周波数域については誘導式列車無線との共用は困難と考えられる。

したがって、必要なガードバンド幅に依存するが、必要なガードバンド幅が 3 kHz の場合は、62 kHz 以上 77 kHz 以下、83 kHz 以上 89 kHz 以下及び 95 kHz 以上 97 kHz 以下については、誘導式列車無線との共用条件を満たすものと考えられる。

以上の検討結果から明らかなように、77 kHz～83 kHz、89 kHz～95 kHz 及び 97 kHz ～100 kHz については、所要離隔距離が建築限界（1.5m～1.9m）を超えており、現在対象となっている WPT 装置の開発状況においては、共用は困難と考えられる。しかしこの判断は離隔距離に依存したものであり、WPT の設置において必要な離隔距離を確保するための法的な規制等により共用が可能となるケースも考えられる。

（注）3.3 節及び 3.4 節における列車無線（信号保安設備及び誘導無線）との共用検討にあたり、 数値計算に用いたパラメータにはマージンを見込んでいるため、実際の環境に対してより安全側の条件が導出されている。このため、この結果は実際の環境における WPT からの干渉影響の実態を直ちに表すものではない。

3.5　アマチュア無線との共用検討

アマチュア無線との周波数共用検討は、一般社団法人日本アマチュア無線連盟（以下「アマチュア無線連盟」という。）と BWF との間に情報交換会を設置して行った。検討対象となる WPT システムは、電気自動車用 WPT、家電機器用 WPT①、家電機器用 WPT②及び家電機器用 WPT③である。

アマチュア無線との周波数共用については、当初は WPT システムと隣接する長波帯アマチュア無線（135.7-137.8 kHz）及び中波帯アマチュア無線（472-479 kHz)を検討対象とした。しかし、アマチュア無線連盟からの要望を受け、UHF 帯の 1200 MHz 帯（指定周波数は 1280 MHz）以下の周波数帯に存在するアマチュア無線を検討対象とすることとした。

アマチュア無線については、アマチュア無線家が自助努力によって空中線系等を製作・設置することが一般的であり、公的な被干渉規定が存在しない。したがって、周波数共用検討においては各 WPT システムの漏えい電界強度の実態が干渉を与えるかどうかを、アマチュア無線連盟が判断する方法で検討を進めた。

検討に当たっては、WPT システムの利用周波数帯がアマチュア無線用に分配されている周波数帯と同じ場合と、異なる場合とに分けて検討を行った。

表 3.5-1 に、UHF 帯以下のアマチュア無線に分配されている周波数帯を示す。表 3.5-1 に示すように、中波帯アマチュア無線（472-479 kHz）は、家電機器用 WPT③と同じ周波数帯を用いている。一方、その他のアマチュア無線は各 WPT システムと異なる周波数帯を用いており、適切なガードバンドを挟んで離調している。

表 3.5-1　検討対象としたアマチュア無線の周波数帯

周波数帯	利用可能周波数 (指定周波数)	特徴
135 kHz 帯	135.7～137.8 kHz (136.75 kHz)	電信及び PSK31 など、占有周波数帯幅 100Hz 以下の狭帯域データ伝送が許可される。 EIRP（等価等方輻射電力）は 1W 以下が許可される。
475 kHz 帯	472～479 kHz (475.5 kHz)	大陸間通信などの長距離の無線として利用される。数 W 程度の低電力で送信できることも特徴である。
1.8/1.9　MHz 帯	1810～1825 kHz 1907.5～1912.5 kHz (1910 kHz)	電信及び狭帯域データ伝送が許可される。 主に 1810～1825 kHz は日本国外との通信、1907.5～1912.5 kHz は日本国内との通信に用いられる。
3.5 MHz 帯	3500～3575 kHz 3599～3612 kHz 3680～3687 kHz (3537.5 kHz)	電信は、SSB 同様に、国内局同士での和文電信が多く運用されている。 半波長ダイポール・アンテナの場合、約 40m の長さのエレメントを必要とする。このため、コイル等を利用し短縮されたアンテナが多く利用されている。
3.8 MHz 帯	3702～3716 kHz 3745～3777 kHz 3791～3805 kHz (3798 kHz)	SSB による国外との長距離通信「DX」専用に利用されている。 3.5 MHz 帯は周波数割当ての関係で国外との交信ができないため、このバンドが割り当てられた。
7 MHz 帯	7000～7200 kHz (7100 kHz)	ITU 憲章に規定する無線通信規則にある第 2 地域では 7300 kHz まで開放されており、第 1 地域及び第 3 地域の電話バンドは一部が重なるのみ（7150～7200 kHz まで）である。
10 MHz 帯	10100～10150 kHz (10125 kHz)	電信及び狭帯域データ伝送が許可される。 WARC バンドのひとつである。
14 MHz 帯	14000～14350 kHz (14175 kHz)	DX のメインストリートと呼ばれ、アマチュアバンドの中で最も遠距離通信に適した周波数帯と言われている。
18 MHz 帯	18068～18168 kHz (18118 kHz)	国内外共に安定した通信が可能であり、基本的には 14 MHz 帯に類似する。 WARC バンドのひとつである。
21 MHz 帯	21000～21450 kHz (21225 kHz)	伝搬状態の変化が大きく 14 MHz 帯のような安定性は無いが、国外との通信が容易で、第四級アマチュア無線技士でも運用できるため短波帯の入門バンドといわれており、7 MHz 帯の次に人気があるバンドである。
24 MHz 帯	24890～24990 kHz (24940 kHz)	21 MHz 帯と 28 MHz 帯の中間的な性質を持ち、太陽活動の影響が大きい。 WARC バンドのひとつである。
28 MHz 帯	28～29.7 MHz (28.85 MHz)	短波帯で唯一 FM が許可される。レピーター（中継局)、アマチュア衛星通信も許可される。
50 MHz 帯	50～54 MHz (52 MHz)	51 MHz 以上は FM が多く利用される。 EME（月面反射通信）が許可される。
144 MHz 帯	144～146 MHz (145 MHz)	アンテナが手頃な大きさにできるため、モービル（自動車）からの運用が盛んである。 アマチュア衛星通信、EME が許可される。
430 MHz 帯	430～440 MHz (435 MHz)	不特定局への呼び出し が活発に行われている。FM による近距離通信が主流である。 レピーター、アマチュア衛星通信、EME が許可される。
1200 MHz 帯	1260～1300 MHz (1280 MHz)	デジタル通信にも用いられている。 レピーター、アマチュア衛星通信、EME、ATV（アマチュアテレビ）が許可される。

出典：wikipedia「アマチュア無線」を基に作成

(1)　検討の進め方

WPT システムは、基本的には無変調の連続波であるため、帯域外では整数次の高調波成分のみが大きく、特に奇数次の高調波成分がより大きくなる傾向を有している。そのため、WPT システムがアマチュア無線に及ぼす影響の技術的検討を行うに当たっては、WPT システムの使用周波数の整数次高調波がアマチュア無線の周波数帯に含まれるかどうかが、干渉の有無の実態を判断するための材料になるものと考えられる。

以上を踏まえ、WPT システムの種別ごとにアマチュア無線に及ぼす影響の技術的検討を行った結果を以下に示す。なお、実際の WPT システムの測定データについては、本作業班において公表されている資料を引用する。ただし、当該データの妥当性については、2014 年 7 月 2 日にアマチュア無線連盟の立ち会いの下、実機の確認を行うことによって検証した。

3.5.1　電気自動車用 WPT

電気自動車用 WPT については、伝送電力が最大 7.7kW と非常に大きいが、使用周波数は 150 kHz 以下と低く、また、図 3.5.1-1 からも分かるとおり、高調波対策を行った装置であれば、5 次以上の高調波は基本波に対して著しく低減するという性質を有している。そのため、電気自動車用 WPT の 5 次以下の高調波がアマチュア無線の周波数帯に含まれなければ、特段の支障はないものと考えられる。この観点から、135 kHz 帯（135.7 kHz～137.8 kHz）、475 kHz 帯（472 kHz～479 kHz）並びに中短波帯（1.9 MHz 帯）及び短波帯のアマチュア無線について、検討を行った。

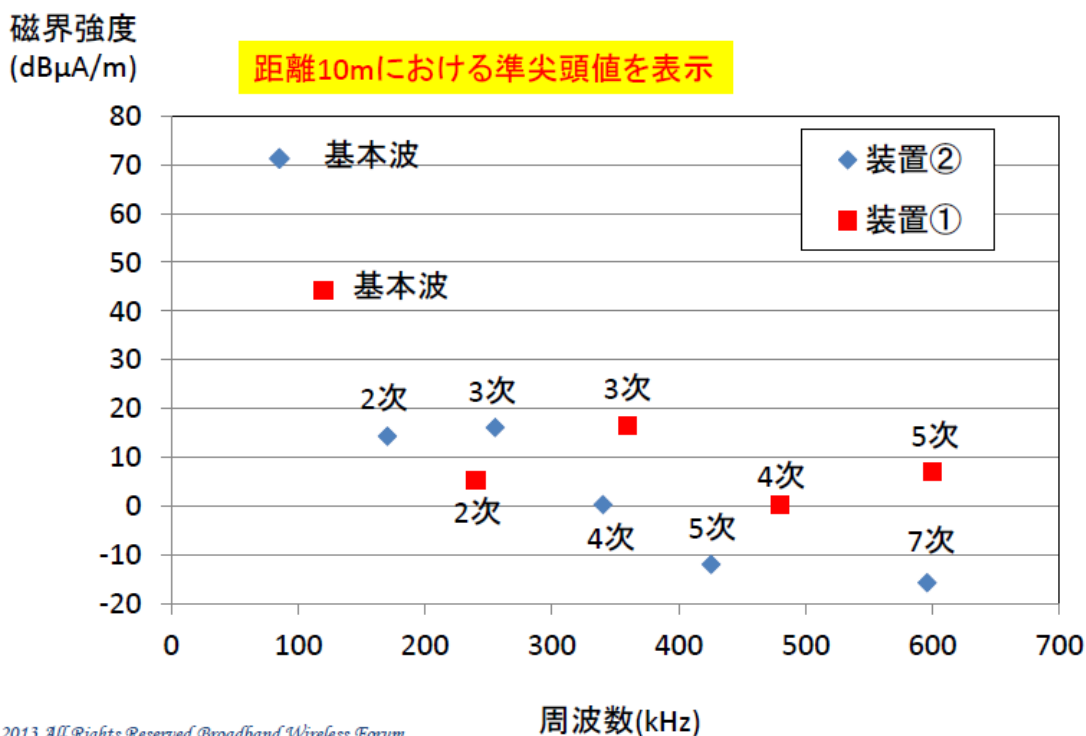



図 3.5.1-1　電気自動車用 WPT の高調波特性

（ア）135 kHz 帯（135.7 kHz～137.8 kHz）

電気自動車用 WPT の使用周波数が 52 kHz～58 kHz、79 kHz～90 kHz 又は 140.91 kHz～148.5 kHz の場合は、整数次の高調波がアマチュア無線の周波数帯に含まれることがないため、特段の支障はないものと考えられる。

電気自動車用 WPT の使用周波数が 42 kHz～48 kHz の場合は、3 次高調波がアマチュア無線の周波数帯に含まれる可能性があるため、万が一、アマチュア無線が有害な混信を受けた場合には、電波法第 100 条及び同法第 101 条に基づき、WPT システムの運用者が混信又は障害の除去のために必要な措置を講じる必要があるものと考えられる。

（イ）475 kHz 帯（472 kHz～479 kHz）

電気自動車用 WPT の使用周波数が 52 kHz～58 kHz 又は 140.91 kHz～148.5 kHz の場合は、整数次の高調波がアマチュア無線の周波数帯に含まれることがないため、特段の支障はないものと考えられる。

電気自動車用 WPT の使用周波数が 42 kHz～48 kHz 又は 79 kHz～90 kHz の場合は、6 次以上の高調波がアマチュア無線の周波数帯に含まれる可能性があるものの、前述のとおり、5 次以上の高調波は基本波に対して著しく低減するという性質を有しているため、特段の支障はないものと考えられる。万が一、アマチュア無線が有害な混

信を受けた場合には、電波法第 100 条及び同法第 101 条に基づき、WPT システムの運用者が混信又は障害の除去のために必要な措置を講じる必要があるものと考えられる。

（ウ）中短波帯（1.9 MHz 帯）及び短波帯

電気自動車用 WPT 用に検討されている周波数の 6 次以上の高調波がアマチュア無線の周波数帯に含まれる可能性があるが、本周波数帯における WPT のスプリアスの強度は図 3.5.1-1 のように高次になるほど低減するという性質を有しているため、特段の支障はないものと考えられる。万が一、アマチュア無線が有害な混信を受けた場合には、電波法第 100 条及び同法第 101 条に基づき、WPT システムの運用者が混信又は障害の除去のために必要な措置を講じる必要があるものと考えられる。

3.5.2　家電機器用 WPT①（モバイル機器）

家電機器用 WPT①（モバイル機器）については、伝送電力こそ最大 100W と小さいが、使用周波数帯が 6.78 MHz 帯であるため、6.78 MHz 以上の周波数帯を使用するアマチュア無線に対し詳細な検討が必要となる。

そのため、7 MHz 帯（7000 kHz～7200 kHz）、10 MHz 帯（10100 kHz～10150 kHz）、14 MHz 帯（14000 kHz～14350 kHz）、18 MHz 帯（18068 kHz～18168 kHz）、21 MHz 帯（21000 kHz～21450 kHz）、24 MHz 帯（24890 kHz～24990 kHz）、28 MHz 帯（28 MHz～29.7 MHz）、50 MHz 帯（50 MHz～54 MHz）及び 144 MHz 帯（144 MHz～146 MHz）のアマチュア無線について、検討を行った。これらのアマチュア無線の周波数帯については、家電機器用 WPT①（モバイル機器）の使用周波数の整数次の高調波がアマチュア無線の周波数帯に含まれることがないため、特段の支障はないものと考えられる。

なお、これ以上の周波数帯のアマチュア無線については、周波数が十分離調されており、特段の支障はないものと考えられる。万が一、アマチュア無線が有害な混信を受けた場合には、電波法第 100 条及び同法第 101 条に基づき、WPT システムの運用者が混信又は障害の除去のために必要な措置を講じる必要があるものと考えられる。

3.5.3　家電機器用 WPT②（家庭・オフィス機器）

家電機器用 WPT②（家庭・オフィス機器）については、伝送電力が最大 3kW であり、使用周波数が 20.5 kHz から 100 kHz までの範囲にある。これは、電磁誘導加熱式調理器（IH クッキングヒーター）の諸元の範囲内であり、漏えい電界強度についても電磁誘導加熱式調理器（IH クッキングヒーター）の同等以下が目標とされている。

家電機器用 WPT②（家庭・オフィス機器）については、使用周波数の範囲が非常に広いため、使用周波数の整数次の高調波がアマチュア無線の周波数帯に含まれるケースが、全てのアマチュア無線の周波数帯で起こり得ることになるが、その発生確率は非

常に低いため、特段の支障はないものと考えられる。また、一般家庭の電磁誘導加熱式調理器（IH クッキングヒーター）からアマチュア無線に有害な混信を与えたという情報は見当たらず、この点からも特段の支障はないものと考えられる。万が一、アマチュア無線が有害な混信を受けた場合には、電波法第 100 条及び同法第 101 条に基づき、WPT システムの運用者が混信又は障害の除去のために必要な措置を講じる必要があるものと考えられる。

3.5.4　家電機器用 WPT③（モバイル機器）

家電機器用 WPT③（モバイル機器）については、電界結合方式により電力伝送を行うもので、本報告書での検討対象となっている WPT システムの中で、漏えい電界強度が最も低いという性質を有している。その実測値は、図 3.5.4-1 のとおりであり、既存の電波法で規律されている他のシステムの漏えい電界強度の許容値よりも 20dB 以上低い値となっており、特段の支障はないものと考えられる。万が一、アマチュア無線が有害な混信を受けた場合には、電波法第 100 条及び同法第 101 条に基づき、WPT システムの運用者が混信又は障害の除去のために必要な措置を講じる必要があるものと考えられる。

ただし、使用周波数が 425 kHz～524 kHz であり、このうち 472 kHz～479 kHz についてはアマチュア無線の周波数帯とインバンド干渉の関係にある。そのため、家電機器用 WPT③（モバイル機器）については、使用周波数から 472 kHz～479 kHz を外した形で運用されるのであれば、特段の支障はないものと考えられる。

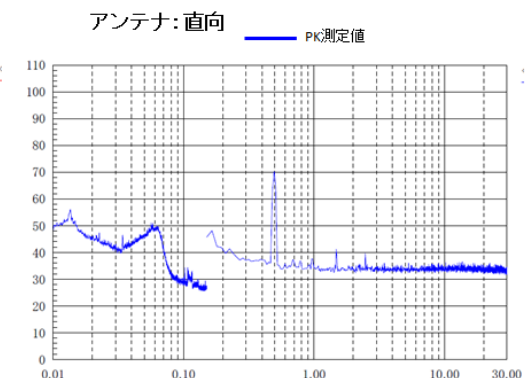
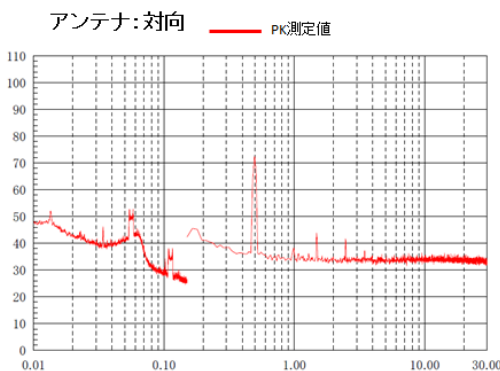
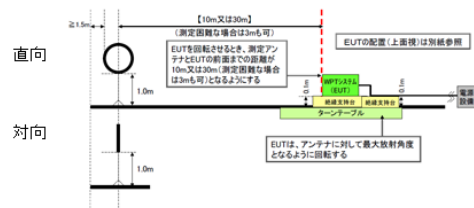



図 3.5.4-1　家電機器用 WPT③（モバイル機器）に関する漏えい電界強度の実測値

3.6　船舶無線との共用検討

船舶無線との周波数共用検討は、一般社団法人全国船舶無線協会・水洋会部会（以下「水洋会」という。）と BWF との間に情報交換会を設置して行った。検討対象となる WPT システムは、家電機器用 WPT③及び家電機器用 WPT②である。

3.6.1　家電機器用 WPT③（モバイル機器）

(1) 検討の進め方

実際の利用シーンを想定し、机上検討によって、WPT の漏えい電磁界（目標値）における所要離隔距離を算出した。

NAVTEX（Navigational Telex）で使用されている 424 kHz、490 kHz 及び 518 kHz 並びに NAVDAT（Navigation and Data Control System）で使用されている 495 kHz から 505 kHz までの周波数帯域が安全航行を確保する上で重要な周波数であることを考慮し、同一周波数帯の利用をしない方向も視野に入れて検討した。

(2) 干渉検討モデル

まず、船舶内でノート PC 等のモバイル機器へワイヤレス電力伝送を行うモデルが考えられる。モデルの利用シーンと離隔距離計算条件を図 3.6.1-1 に示す。干渉検討モデルにおいては大型客船において NAVTEX アンテナと客室の離隔距離は最小で 10m とした。また、NAVTEX アンテナと WPT 機器の間に床があることも想定し、床 1 枚当たりの損失を 10dB とし、床 1 枚と 2 枚の場合で離隔距離の計算を行った。NAVTEX 受信機については、業界内の標準的な機種を選定し、当該機種の受信特性を反映した。

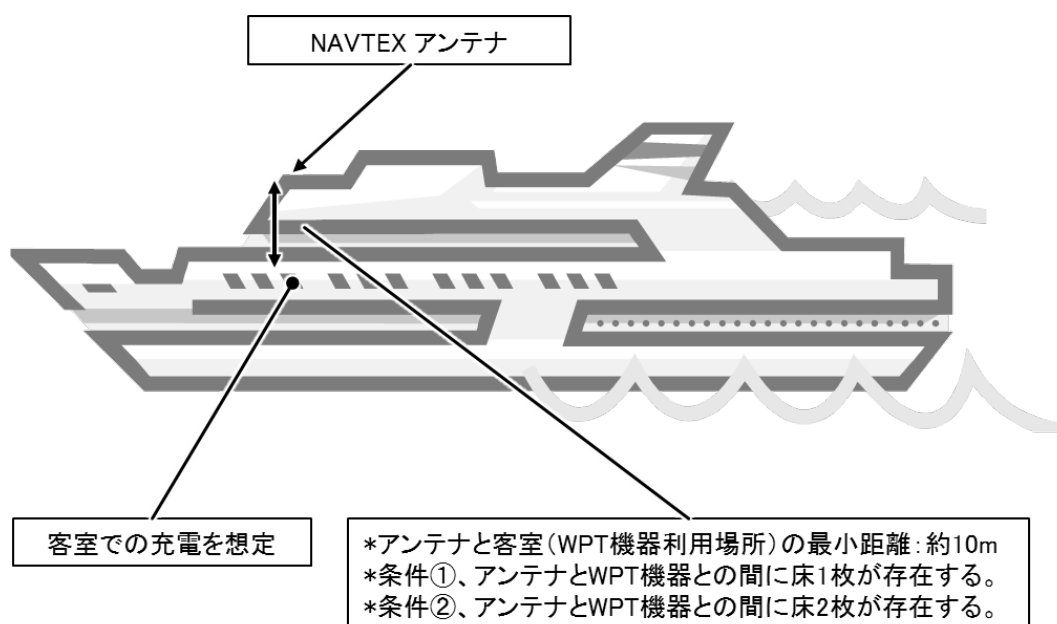



図 3.6.1-1　船舶内ワイヤレス電力伝送の干渉検討モデル

次に、海岸近くでノートPC等のモバイル機器へワイヤレス電力伝送を行うモデルを考える。モデルの利用シーンと離隔距離計算条件を図 3.6.1-2 に示す。干渉検討モデルにおいては、大規模な港湾施設ではNAVTEXアンテナとWPT機器の離隔距離は最小で25mとした。また、NAVTEXアンテナとWPT機器の間に壁が1枚あることも想定し、その損失を10dBとした。

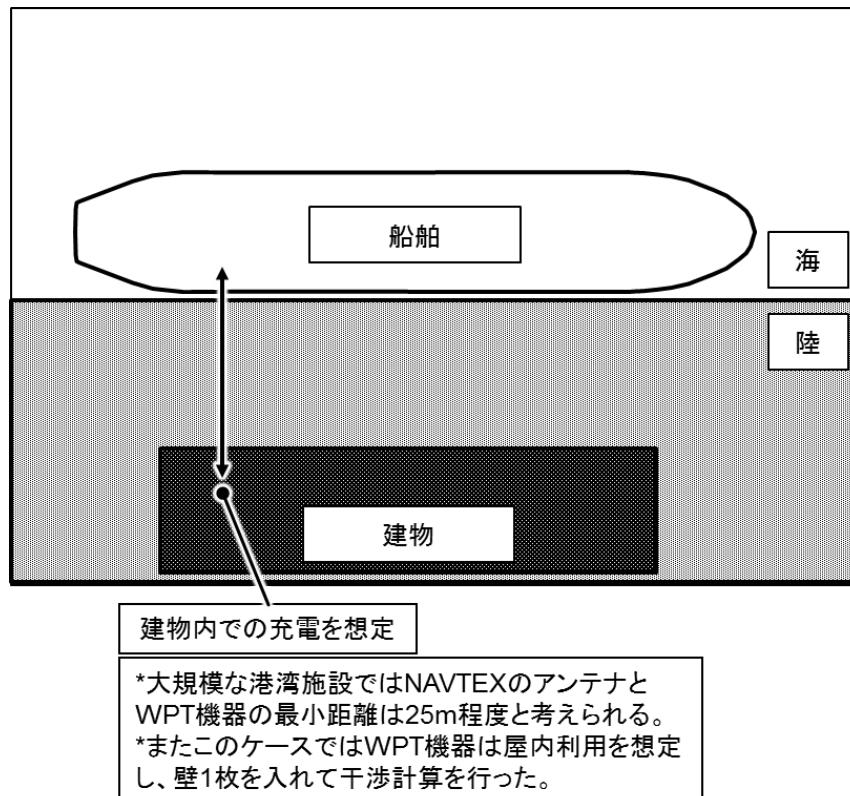



図3.6.1-2　海岸近くでのワイヤレス充電の干渉検討モデル

(3) 干渉計算

家電機器用 WPT③の基本波検討周波数帯域と船舶無線の使用周波数との関係を図3.6.1-3に示す。家電機器用WPT③の基本波検討周波数帯域は 425 kHz から 524 kHz までである。

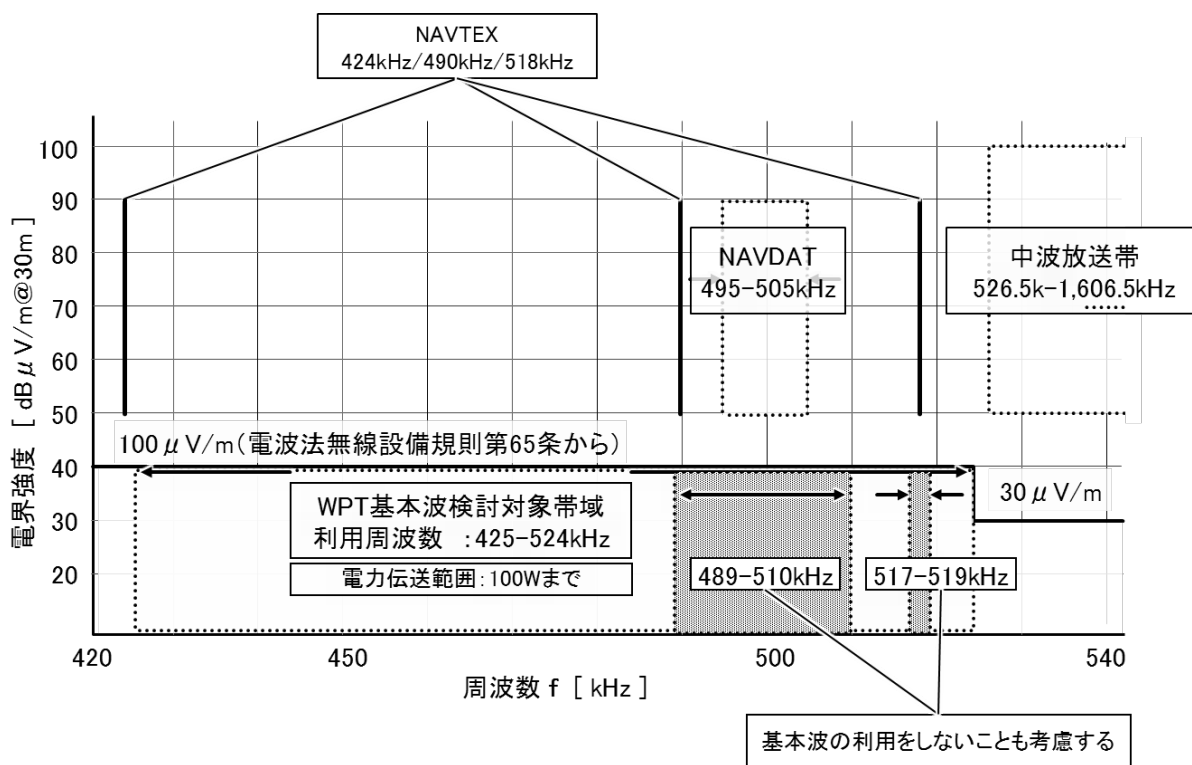



図 3.6.1-3　基本波検討周波数帯域と船舶無線の使用周波数との関係

(4) 検討結果

漏えい電磁界強度の目標値による所要離隔距離の検討結果を表 3.6.1-1 に示す。

表 3.6.1-1　漏えい電磁界強度の目標値による所要離隔距離

WPT		NAVTEX(機種A)						所要離隔距離の計算条件		干渉波		壁損失	最小受信感度	許容干渉レベル	所要離隔距離
利用周波数	電力	中心周波数	占有周波数帯幅	kTB(27℃)	雑音指数	kTBF(27℃)	CINR			基本波	漏洩レベル(目標値)				
kHz	W	kHz	kHz	dBm	dB	dBuV	dB			kHz	dBuV/m(30m)	dB	dBuV/m	dBuV/m	m
425–524	100	490	0.5	−147	6	−28	6	①	目標漏えい電界強度、客船船室1で利用	490	40	10	42	36	24.2
	100	490	0.5	−147	6	−28	6	②	目標漏えい電界強度、客船船室2で利用	490	40	20	42	36	16.5
	100	490	0.5	−147	6	−28	6	③	目標漏えい電界強度、港湾施設で利用	490	40	10	42	36	24.2

家電機器用 WPT③は、試作機による評価での漏えい電界強度については、目標値よりも十分低く抑えることができるため、共用の可能性があると考えられる。そこで、漏えいレベル測定データを反映した場合の所要離隔距離の検討結果を表 3.6.1-2 に示す。

表 3.6.1-2　漏えいレベル測定データを反映した場合の所要離隔距離

WPT		NAVTEX（機種A）						所要離隔距離の計算条件		干渉波		漏えいレベルの測定データ反映	壁損失	最小受信感度	許容干渉レベル	所要離隔距離
利用周波数	電力	中心周波数	占有周波数帯幅	kTB（27℃）	雑音指数	kTBF（27℃）	CINR			基本波	漏洩レベル（目標値）					
kHz	W	kHz	kHz	dBm	dB	dBuV	dB			kHz	dBuV/m(30m)	dB	dB	dBuV/m	dBuV/m	m
425–524	100	490	0.5	-147	6	-28	6	①	目標漏えい電界強度、客船船室1で利用	490	40	24	10	42	36	9.6
	100	490	0.5	-147	6	-28	6	②	目標漏えい電界強度、客船船室2で利用	490	40	24	20	42	36	6.6
	100	490	0.5	-147	6	-28	6	③	目標漏えい電界強度、港湾施設で利用	490	40	24	10	42	36	9.6

船舶無線との周波数共用検討の結果、漏えい電界強度の目標値による所要離隔距離の計算結果は 24.2m であった。ただし、測定データに基づく計算結果は 10m 以下となり共用の可能性があることは確認した。また、利用シーンとして家電機器用 WPT③は家屋内やオフィス内での利用が中心であるため、船内に持ち込んで利用するケースは非常に少ないと考えられる。

しかしながら、家電機器用 WPT③の使用周波数については、共用検討対象システムである船舶無線の周波数帯域が、安全航行を確保する上で重要な周波数であることを考慮して、規律されるべきであると考えられる。

3.6.2　家電機器用 WPT②（家庭・オフィス機器）

(1) 検討の進め方

家電機器用 WPT②と使用周波数帯が重なるロランを検討対象とし、共用可能性を検討した。ロランに関する周波数帯域が安全航行を確保する上で重要な周波数であることを考慮し、同一周波数帯の利用をしない方向も視野に入れて検討した。

(2) 干渉検討モデル

船舶内で家庭・オフィス機器へワイヤレス電力伝送を行うモデルと、海岸近くで家庭・オフィス機器へワイヤレス電力伝送充電を行うモデルが考えられる。前者の干渉検討モデルにおいては大型客船においてロランのアンテナと客室の離隔距離は最小で 10m とした。後者の干渉検討モデルにおいては、大規模な港湾施設ではロランのアンテナと WPT 機器の離隔距離は最小で 25m とした。

(3) 検討結果

ロラン C に対する所要離隔距離の検討結果を表 3.6.2-1 に示す。

表 3.6.2-1　ロランＣに対する所要離隔距離

ロランC		家電機器用WPT②			ロランC受信機の受信レベル		共用可能な離隔距離
利用周波数	受信機	バンド	利用周波数	最大放射レベル @30m			
			(kHz)	(dBuV/m)	(uV/m)	(dBuV/m)	(m)
100kHz	A	62-100kHz	100	60.0	1.0	0.0	300.0
	B		100	60.0	17.8	25.0	114.9
	C		100	60.0	10.0	20.0	139.2

ロラン C に対し、共用可能な離隔距離は最大で「300m」となっており、干渉発生の可能性は否定できない。ただし、現実的な利用シーンを考えると、家電機器用 WPT②は家屋内やオフィス内での利用が中心であるため、船内に持ち込んで利用するケースは非常に少ないと考えられる。さらに、両システムが近くで利用される可能性もほとんどないため、共用の可能性はあるものと考えられる。

しかしながら、家電機器用 WPT②の使用周波数については、共用検討対象システムであるロランの周波数帯域が安全航行を確保する上で重要な周波数であることを考慮して、規律されるべきであると考えられる。

3.7　中波放送との共用検討

中波放送との周波数共用検討は、日本放送協会及び一般社団法人日本民間放送連盟（以下「民放連」という。）と BWF との間に情報交換会を設置して行った。検討対象となる WPT システムは、家電機器用 WPT③、家電機器用 WPT②及び電気自動車用 WPT である。

中波放送との周波数共用検討では、総務省に設置された放送ネットワークの強靭化に関する検討会（以下「強靭化検討会」という。）などでも災害時の中波放送の重要性が論議されているのを尊重し、中波放送の受信に妨害が生じないように検討を進める。

3.7.1　共用検討の進め方

（1）背景

中波放送の放送区域は、「基幹放送局の開設の根本的基準」により受信電界強度の範囲が決められている。表 3.7.1-1 に示すように、高雑音区域の最大の電界強度は 50mV/m（94dBμV/m）であるのに対し、低雑音区域では最小の電界強度が 0.25mV/m（48dBμV/m）と規定されており、高雑音区域と低雑音区域の電界強度の差は最大で 45dB 以上ある。

放送事業者はこの基準に基づき放送エリアを展開しており、高雑音区域から低雑音区域まで広く受信者が存在する。

また、中波放送では大規模でエリアの広い放送局も多く、例えば、電気自動車用 WPT システムとの共用検討を行った NHK 東京第一放送は、放送エリアが 1 都 16 県にまたがっており、カバーする世帯数は 2000 万世帯を超えている。

このような、中波放送の利用実態を踏まえ、万が一 WPT システムからの有害な干渉妨害が継続的に起こってしまうと、中波放送の使命を遂行する上で大きな障害になり得ると考えられる。

したがって、検討に当たっては、技術的に妥当で適切な干渉モデルを設定し、慎重に技術検討をする必要があるとともに、低雑音区域における受信者及び干渉モデルから外れた受信者についても確実に保護する仕組みづくりが必要である。

他方、前記の強靭化検討会では、電子機器等の普及や建造物の構造の変化（高層化・堅牢化）により都市部においてラジオの難聴が生ずる「都市型難聴」への対策が、中波放送サービスにおける最も重要な課題のひとつであることを指摘している。例えば、東京に所在する民間ラジオ放送事業者における聴取者からの受信相談では、「ラジオに雑音が入り聞きにくい」、「雑音で聞きたくても聞こえない」という内容が多数を占めているとのことである。以上のように、地理的には受信電界強度が高い都市部での難聴が懸念される状況にある。

WPT システムの導入、普及は人口が多い都市部から進んでいくと考えられるため、WPT システムを導入するに当たっては、この都市型難聴の状態を更に悪化させてはならないということを念頭に置いて技術検討を行うことも重要であるものとする。

以上を考慮し、次に本検討の基本的な考え方を示す。

表 3.7.1-1 「基幹放送局の開設の根本的基準」で規定される受信電界強度の範囲（参考）

	受信電界強度の範囲
高雑音区域	10mV/m 以上 50mV/m 以下（80～94dBμV/m）
中雑音区域	2mV/m 以上 10mV/m 未満（66～80dBμV/m）
低雑音区域	0.25mV/m 以上 2mV/m 未満（48～66dBμV/m）

(2) 検討の基本条件

・中波放送受信機（以下「受信機」という。）への干渉が問題視される屋内受信状態を検討する。

・干渉検討モデルは、まずは中～高雑音区域を想定して、難聴が懸念されているコンクリート構造等のビル内に受信機があることを条件とする。なお、木造家屋については、中波放送帯の電波が建物内部に到達する際の減衰量に関する計測データ等が存在しないため、中波放送帯の電波が建物内部に到達する際の減衰量を 0dB とした場合の検討結果を等価的に引用する。

・BWF の漏えい電界強度の目標値では中波放送への影響があるため、中波放送の干渉耐性の条件として、中波放送の混信保護比を用いることが考えられた。しかし、これは振幅変調である中波放送局間の基準であり、無変調連続波である WPT システムには利用できないことが確認され、利用可能な許容干渉レベルの規定が無かった。したがって、背景雑音（都市雑音）を許容干渉レベルの出発点とする。具体的には、ITU-R P.372 で規定される背景雑音レベルを利用する。

・所要離隔距離の基準は、CISPR 上の「住宅環境」においては、10m 以内の距離に存在する無線通信機器が保護の対象とされていることを考慮し、10m とする。

・中波放送帯の電波がコンクリート構造の建物内部に到達する際の減衰量については「中波放送プリエンファシス懇談会報告書（昭和 58 年 12 月）」から引用した。

3.7.2 家電機器用 WPT③（モバイル機器）

(1) 検討の進め方

図 3.7.2-1 に示すように、家電機器用 WPT③は、高調波が中波放送帯へ帯域内干渉することに加えて、基本波が受信機の中間周波数（IF）帯に帯域内干渉するため、この両方についての検討を行う。また、家電機器用 WPT③は、屋内で利用され、同一家屋に多数台存在しうるため、家屋内での電力加算も考慮して検討する。

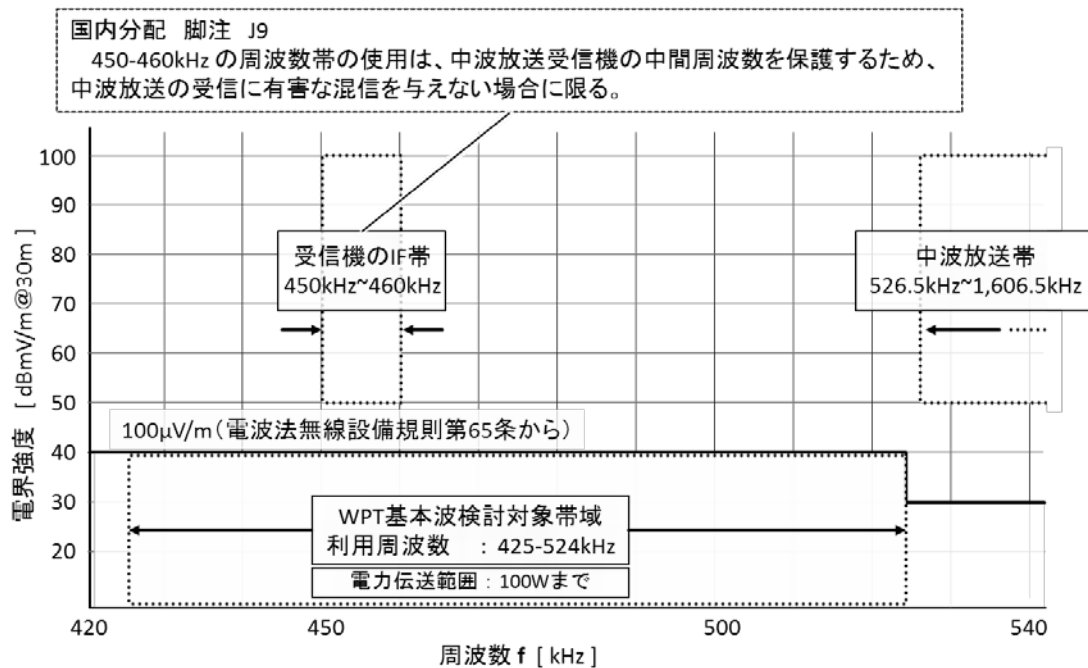



図 3.7.2-1　WPT の想定スペクトラムマスクと中波放送帯の利用状況

(2) 干渉検討モデル

隣家どうしで想定される干渉検討モデルを図 3.7.2-2 に示す。最も干渉条件の厳しい木造家屋を前提とし、WPT から受信機への与干渉における距離減衰以外の伝搬減衰は考慮しない。

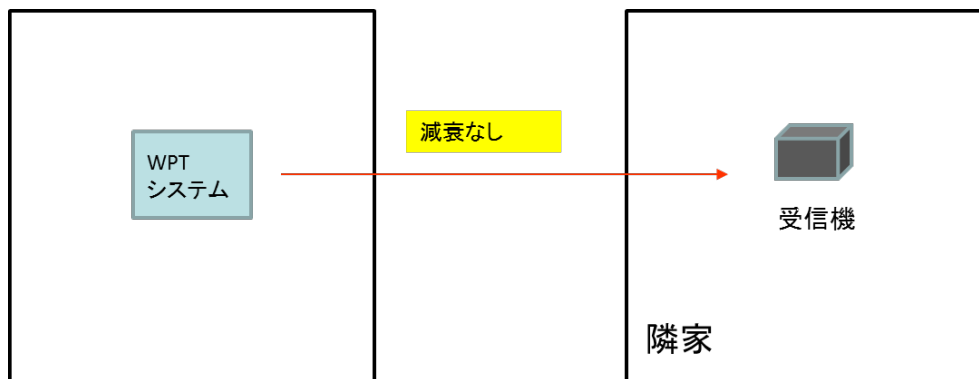



図 3.7.2-2　干渉検討モデル

さらに、家電機器用 WPT③については、家屋内で複数台利用される可能性があるため、以下のような干渉検討モデルも想定する。このモデルでは WPT 機器が隣の家で 8 台使用されることを想定している。機器のサイズや機器間の距離は実際の利用シーンを考慮し、現実的な値に設定した。

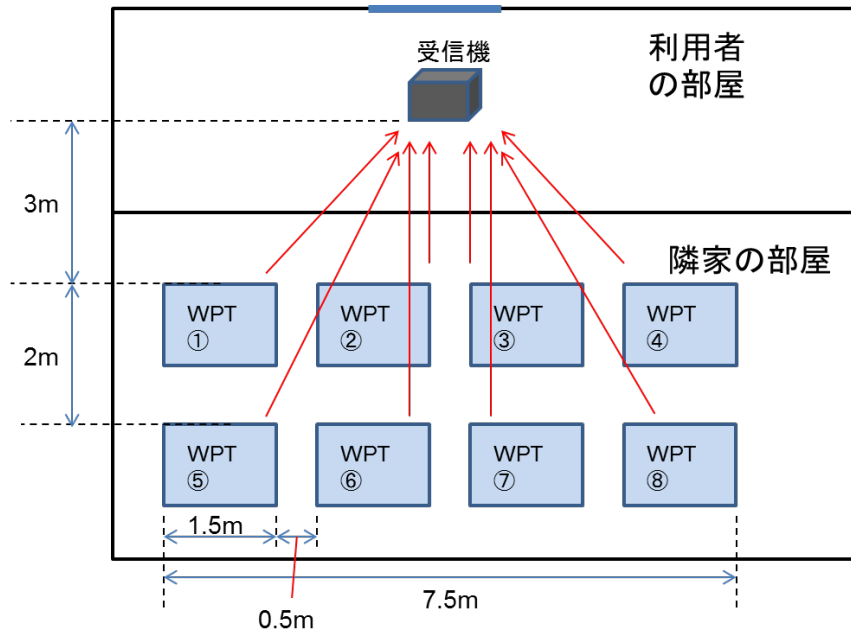



図 3.7.2-3　複数台利用時の干渉検討モデル

(3) 家屋内での複数台利用

ア　確率計算の条件

WPT②、③が最も受信機に近く距離が 3m となるため受信機に到達する 3 次高調波のレベルは 43dBμV/m になる。②、③以外の受信機への到達レベルは表 3.7.2-1 のとおりである。

表 3.7.2-1　各 WPT 機器の受信機への到達レベル

	WPT①	WPT④	WPT⑤	WPT⑥	WPT⑦	WPT⑧
受信機との距離	3.6m	3.6m	5m	5m	5.4m	5.4m
到達する電界強度	39.7	39.7	33.7	33.7	32.3	32.3
WPT②、③との差	−3.3	−3.3	−9.3	−9.3	−10.7	−10.7

⑤～⑦については減衰が大きいため加算対象から外しても問題ない。よって WPT①～④を確率計算の対象とする。また、WPT①、④は 3dB 程度の減衰はあるが、計算の簡略化のため②、③の場合と同じ電界強度の高調波が受信機に到達すると仮定する。

イ　WPT 機器の周波数条件

図 3.7.2-3 に示す家屋内での複数台利用においては、利用周波数帯の中で一つの周波数を選定し、無変調連続波（信号帯域幅は数 10Hz 以下）で電力伝送するた

め、製造ばらつきによる伝送周波数のずれを考慮すると、電力伝送波が重なり電力加算される確率は極めて低いと考えられる。以下に確率を計算する上での周波数条件を示す。

・信号純度の帯域幅は 20Hz とする。(図 3.7.2-4 参照)

・製造ばらつきによる伝送周波数のずれは WPT 基本波の周波数偏差が±2 kHz とする。そのとき取りうる周波数は 4000Hz/20Hz=200 通りとなる。

・選定可能な周波数は 425 kHz～524 kHz の間で 10 通りと仮定する。

中波放送帯と干渉する可能性があるのは 3 次高調波であるが、周波数の取りうる可能性は基本波と同じ 200×10＝2000 通りである。

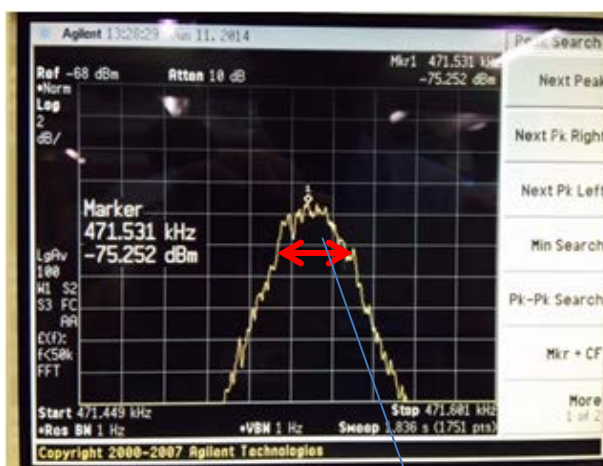



図 3.7.2-4　基本波の周波数スペクトラム

ウ　確率計算

周波数が重なる条件として最も可能性が高いのは、対象となる 4 台のうち 2 台が同じ周波数となる場合であり、確率は以下のとおりとなる。

周波数の組合せ数：2000 通り

確率：P = ${}_4C_2$ ×(1/周波数の組合せ数)^2 ×(周波数の組合せ数-1)/周波数の組合せ数)^2×(周波数の組合せ数)×100

= (4×3)/2 ×(1/2000)^2 ×(1999/2000)^2 ×2000 ×100

= 0.3%

また、3 台が同じ周波数となる確率は同様に計算すると 0.0004%となる。よって 3 台以上が同じ周波数となる確率は極めて低いものと考えられる。

また、今回設定したモデルについて、8台のWPT機器をこれだけの狭いエリアで利用することはまれであり、実用上複数台の使用により漏えいレベルが大きくなる可能性は極めて低いものと考えられる。

(4) 実機を用いた実験による共用条件の検討

前述の干渉検討モデルと諸条件を考慮した、高調波が中波放送帯へ帯域内干渉する場合の検討結果を表3.7.2-2に示す。所要離隔距離は46.5mとなった。漏えいレベルにWPT機器の実機の測定データを反映させた場合の所要離隔距離は9.8mと10mを下回るがこの結果では共用条件は見出せない。

表3.7.2-2 中波放送帯域内の所要離隔距離計算結果

所要離隔距離の計算条件		漏えいレベル (dBuV/m @30m)	複数台設置による干渉レベルの上昇 (dB)	壁損失 (dB)	許容干渉レベル (dBuV/m)	所要離隔距離 (m)
①	BWF提示の目標値利用	29.5	0	0	21.5	46.5
②	漏えいレベルに測定データ反映	1.0	0	0	21.5	9.8

よって、実験を行い計算の妥当性を確認した。

ア　試験方法

以下に試験方法の概要を示す。

①　試験1（中雑音区域想定）

日時：　2014年7月7日に実施

場所：　関東地区：村田製作所　横浜事業所

RFラジオ日本の川崎送信局(川崎市幸区小向仲野町８－５)から距離約12kmに位置する。

WPT試験装置：第4回作業班会合で測定データ提供に利用した「試験装置」（周波数450-500 kHz、送電電力40W）を改良したもの。

周波数は放送波帯における評価時には473.3 kHzに、IF帯における評価時には455.5 kHzに設定した。

②　試験2（低雑音区域想定）

日時：　2014年7月15日に実施

場所：　北陸地区：福井県三方上中郡若狭熊川宿

NHK小浜送信局(小浜市上竹原)から距離約15kmに位置する。

WPT 試験装置：第 4 回作業班会合で測定データ提供に利用した「試験装置」（周波数 450-500 kHz、送電電力 40W）を改良したもの。

周波数は放送波帯及び IF 帯における評価時には、452.3 kHz に設定した。

WPT 試験装置のスペクトラムは以下のとおりである。（電波暗室にて測定）基本波の漏えいレベルは 3m の距離で 57dBμV/m、3 次高調波の漏えいレベルは 39dBμV/m である。

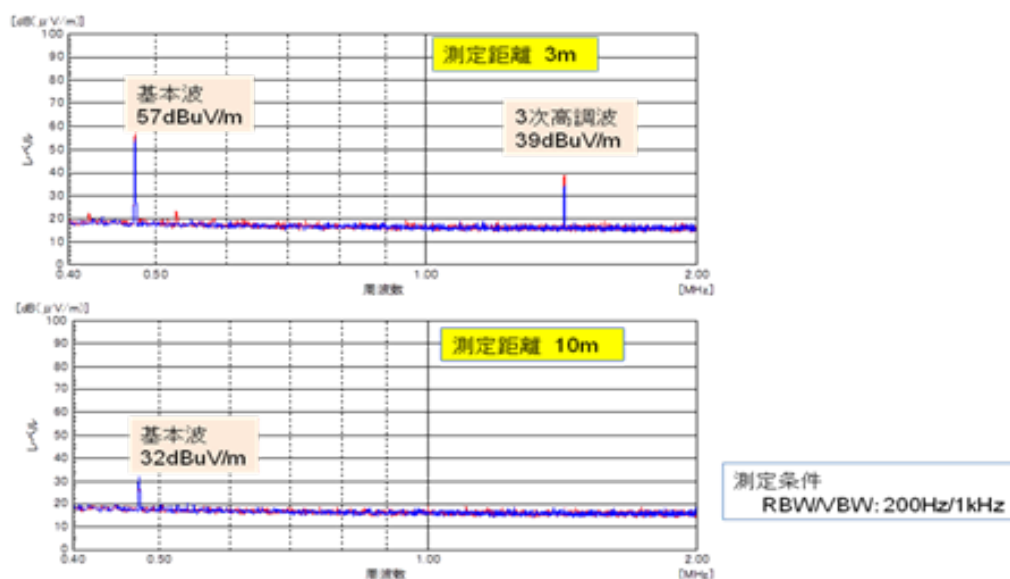



図 3.7.2-5　WPT 機器のスペクトラム

試供受信機：本試験においては表 3.7.2-3 に示す受信機を用いた。

表 3.7.2-3　試験に用いた中波放送受信機一覧

メーカ	型番	特徴
A社	A1	アナログチューニング、高感度、同期検波回路搭
A社	A2	シンセサイザチューニング、汎用
A社	A3	シンセサイザチューニング、多用途
A社	A4	アナログチューニング、FM/AMラジオ対応のハンディーポータブルラジオ
B社	B1	シンセサイザーチューニング、ワンセグテレビの音声とFM/AMラジオ対応
C社	C1	DSPチューナ、ワンセグテレビの音声とFM/AMラジオ対応
C社	C2	アナログチューニング、FM/AMラジオ対応のハンディーポータブルラジオ
D社	D1	シンセサイザーチューニング、ICレコーダー機能付ハンディポータブルラジオ

試験 1 では、受信機 A1（高感度タイプ）、受信機 A2（汎用ポータブルタイプ）の 2 機種を選定した。

付録 H の評価結果を参考に表 3.7.2-3 の受信機全 8 台から、レベルの低い妨害波であっても影響を確認しやすい高感度の受信機を選定し、放送波帯、IF 帯に対して最も雑音耐性の高い受信機 A1 と、2 番目に雑音耐性の高い受信機 A2 を対象に測定した。

試験 2 では、表 3.7.2-3 の全ての受信機を評価対象とした。

試験手順：

① 試験 1（中雑音区域想定）

・WPT 試験装置を動作させ、3 次高調波を 1420 kHz とし、RF ラジオ日本（川崎, 1422 kHz）を受信し、受信影響を評価（聴感及びスペクトラム測定）した。

・本実験では、妨害波の影響を人間の耳で聞きとりやすい条件で実施するため、放送波に対して 3 次高調波が 2 kHz 離調した状態に設定した。

・WPT 試験装置を動作させ（基本波 455.5 kHz）、RF ラジオ日本（川崎, 1422 kHz）等を受信し、受信影響を評価（聴感及びスペクトラム測定）した。

・WPT 試験装置からの距離をパラメータにした影響を評価した。

② 試験 2（低雑音区域想定）

・WPT 試験装置を動作させ、3 次高調波を 1357 kHz とし、NHK2（小浜, 1359 kHz）を受信し、受信影響を評価（聴感及びスペクトラム測定）した。

・本実験では、妨害波の影響を人間の耳で聞きとりやすい条件で実施するため、放送波に対して 3 次高調波が 2 kHz 離調した状態に設定した。

・WPT 試験装置を動作させ（基本波 452.3 kHz）、NHK 第 2（小浜, 1061 kHz）を受信し、受信影響を評価（聴感及びスペクトラム測定）した。

・WPT 試験装置からの距離をパラメータにした影響を評価した。

測定系：

① 試験 1（中雑音区域想定）

村田製作所横浜事業所内の 2 階の会議室にて測定を行った。図 3.7.2-6(a)に測定器用アンテナ、受信機、WPT 試験装置、測定器等の位置関係を示す。

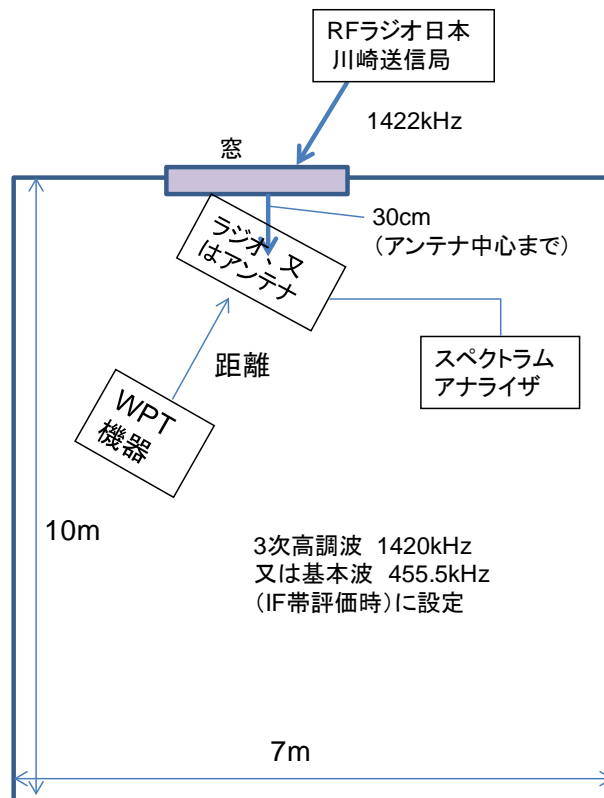



図 3.7.2-6(a)　アンテナ、受信機、WPT 機器等の位置関係

このとき、以下の点に留意して各設備を設置した。

・受信機、アンテナは背景雑音が上昇しない窓際に設置した。アンテナの向きは背景雑音が最も低くなる向きに設定した。

・WPT 機器は放送波が最も受信しやすい方向を決定し、その直線上で距離を変化させた。（0.5～3m の距離まで WPT 機器を移動してスペクトラム観測又は受信機による聴感試験を実施。）

・WPT 機器の向きは受信機に対して最も影響を与えやすい方向を選択した。

② 試験 2（低雑音区域想定）

福井県三方上中郡若狭熊川宿の駐車場付近の屋外にて測定を行った。図 3.7.2-6(b)に測定器用アンテナ、受信機、WPT 試験装置、測定器等の位置関係を示す。

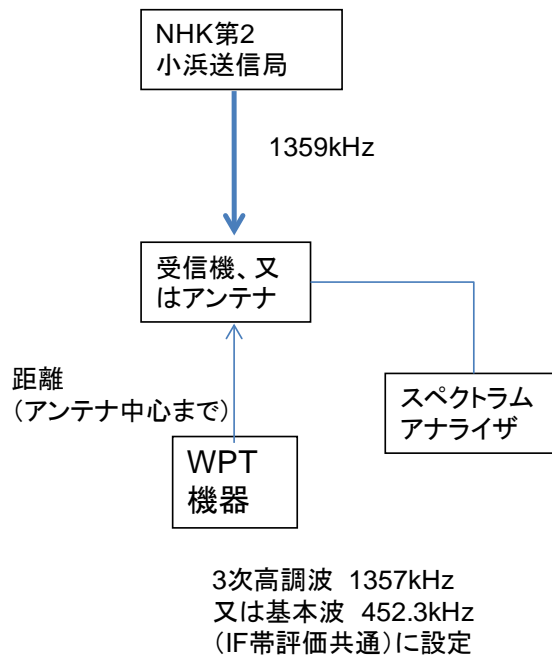



図 3.7.2-6(b)　アンテナ、受信機、WPT 機器等の位置関係

このとき、以下の点に留意して各設備を設置した。

・受信機、アンテナは低雑音区域相当の受信レベルになる位置、向きに設置した。
・WPT 機器は放送波が最も受信しやすい方向を決定し、その直線上で距離を変化させた。（0.5～6m の距離まで WPT 機器を移動してスペクトラム観測又は受信機による聴感試験を実施。）
・WPT 機器の向きは受信機に対して最も影響を与えやすい方向を選択した。

イ　背景雑音について

今回実験の場所として選定した村田製作所横浜事業所での放送波スペクトラム、背景雑音は図 3.7.2-7 のとおりであった。

屋上では放送波の電界強度が 90dBμV/m と非常に高かったため、屋内で実験を行った。背景雑音が屋上では 20dBμV/m 程度であるのに対し、屋内の窓から 2m の距離では 33～35dBμV/m と背景雑音が上昇し、放送波の音声変調帯のスペクトラムが背景雑音に埋もれてしまい、放送が正常に受信できなくなった。したがって、屋内でかつ窓際 30cm での条件を中雑音区域想定の実験が可能な条件と判断した。

村田製作所横浜事業所内での実験では低雑音区域が再現できなかったため、低雑音区域の実験は福井県三方上中郡内を選定し実施した。福井県三方上中郡では背景雑音が 15dBμV/m 程度と横浜での背景雑音より 5dB 以上低い値が観測された。

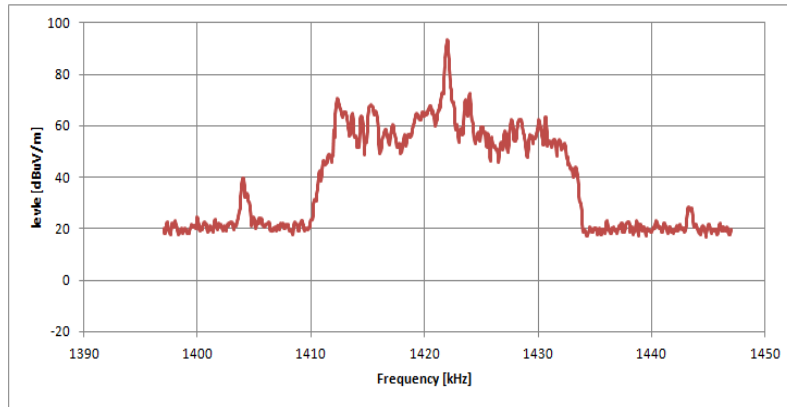



図 3.7.2-7(a) 屋上における放送波のスペクトラム

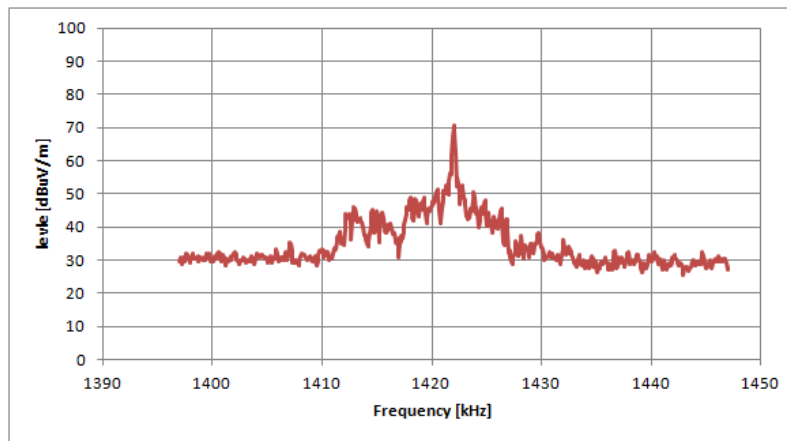



図 3.7.2-7(b) 屋内窓から 30cm における放送波のスペクトラム

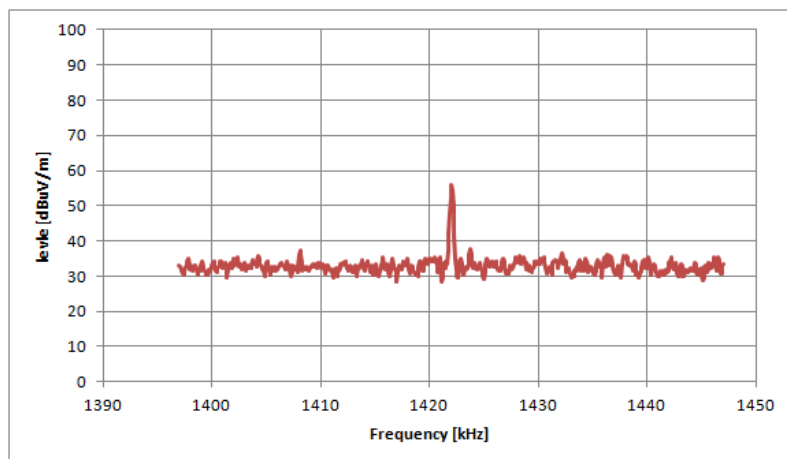



図 3.7.2-7(c) 屋内窓から 2m における放送波のスペクトラム
(音声変調帯のスペクトラムが背景雑音に埋もれ、正常に受信できない状態)

ウ　放送波帯に関する試験結果

①　試験 1（中雑音区域想定）

RF ラジオ日本（1422 kHz）の放送波受信時に WPT 機器の 3 次高調波 1420 kHz を伝送した際の試験結果を表 3.7.2-4(a)に示す。受信機 A1、受信機 A2 ともに、WPT 機器と受信機の距離が約 3m でノイズ音（ピーという音）が聞こえなくなった。また、WPT の 3 次高調波スペクトラムは 2.5m 以上の距離で背景雑音以下になった。

なお、表 3.7.2-4(a)中の WPT 漏えい電界強度の値は、図 3.7.2-6(a)の評価系におけるスペクトラムの測定値であり、電波暗室で測定した図 3.7.2-5 の結果とは異なる値となっている。このため本節においては、各条件での相対比較をするための参考値として取り扱う。

表 3.7.2-4(a)　放送波に対する WPT スペクトラムの影響

距離	放送波	WPT漏えい電界強度	聴感試験	
m	dBuV/m	dBuV/m	受信機A1	受信機A2
1	70	57.0	○	○
2	70	35.0	○	○
2.5	70	背景雑音以下	△	△
2.7	70	背景雑音以下	△	△
2.9	70	背景雑音以下	×	×
3	70	背景雑音以下	×	×

○:ノイズ音あり　△:ノイズ音わずかにあり　×:ノイズ音なし

距離 1m、3m 時のスペクトラムを図 3.7.2-8(a)、図 3.7.2-8 (b)に示す。距離 1m では WPT の高調波は放送波とほぼ同等レベルであり、受信機再生音には明らかにノイズ音が乗っていることが確認された。しかしながら、WPT 機器を距離 3m まで離すと、WPT の高調波は放送波のスペクトラムの中に埋もれて見えなくなり、ノイズ音も確認できなくなった。

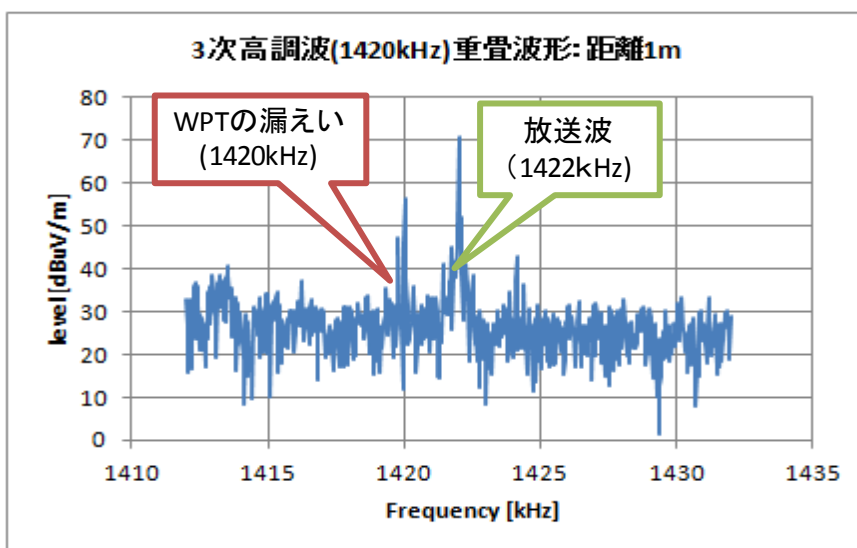



図 3.7.2-8(a) 距離 1m 時のスペクトラム（ノイズ音あり）

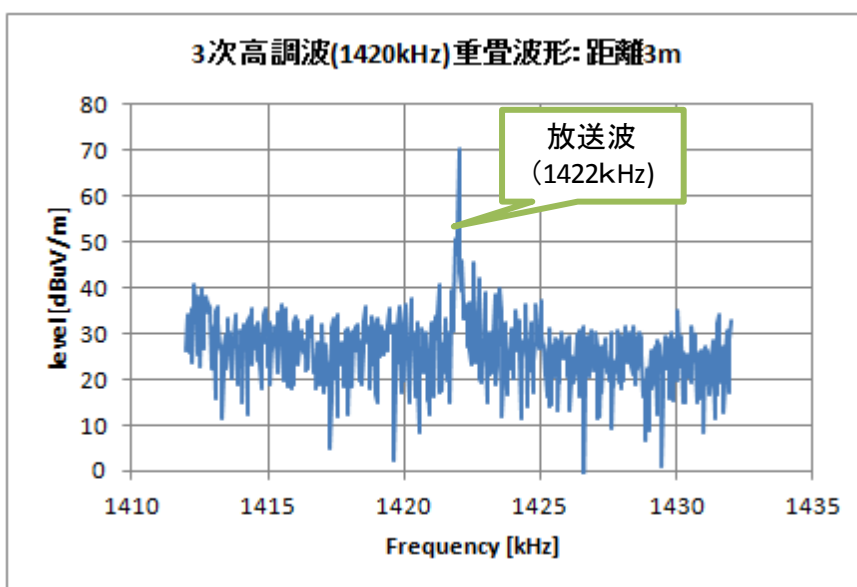



図 3.7.2-8 (b) 距離 3m 時のスペクトラム（ノイズ音なし）

次に、2 次高調波の影響について確認を行った。WPT 機器の 2 次高調波の周波数は 947 kHz であるため、放送波には TBS ラジオ (954 kHz) を選択した。このときの放送波の電界強度は 70dBμV/m であった。結果、高調波のスペクトラムはレベルが低いため観測できなかったが、聴感試験でノイズ音がなくなった距離は 0.5m 以下であった。

② 試験 2（低雑音区域想定）

NHK 第 2（1359 kHz）の放送波受信時に WPT 機器の 3 次高調波 1357 kHz を伝送した際の試験結果を表 3.7.2-4(b)に示す。8 台の受信機を対象に試験を行ったところ、そのうち、受信感度の悪い 4 台の受信機では中波放送の音声がほとんど聞き取れなかったため、残りの 4 台を試験の対象とした。4 台の受信機は全て、WPT 機器との距離が約 6m となったところでノイズ音（ピーという音）が聞こえなくなった。また、WPT の 3 次高調波スペクトラムは 5m 以上の距離で背景雑音以下になった。

なお、表 3.7.2-4(b)中の WPT 漏えい電界強度の値は、図 3.7.2-6(b)の評価系におけるスペクトラムの測定値であり、電波暗室で測定した図 3.7.2-5 の結果とは異なる値となっている。このため本節においては、各条件での相対比較をするための参考値として取り扱う。

表 3.7.2-4(b)　放送波に対する WPT スペクトラムの影響

距離	放送波	WPT漏えい電界強度	聴感試験			
m	dBuV/m	dBuV/m	受信機A1	受信機A2	受信機A3	受信機B1
1	53	55.4	○	○	○	○
1.25	53	49.5	○	○	○	○
3	53	30.0	○	○	○	○
4	53	23.3	△	△	△	△
5	53	背景雑音以下	△	△	△	△
6	53	背景雑音以下	×	×	×	×

○:ノイズ音あり　△:ノイズ音わずかにあり　×:ノイズ音なし

距離 1m、6m 時のスペクトラムを図 3.7.2-8(c)、図 3.7.2-8(d)に示す。距離 1m では WPT の高調波は放送波とほぼ同等レベルであり、受信機再生音には明らかにノイズ音が乗っていることが確認された。しかしながら、WPT 機器を距離 6m まで離すと、WPT の高調波は放送波のスペクトラムの中に埋もれて見えなくなり、ノイズ音も確認できなくなった。

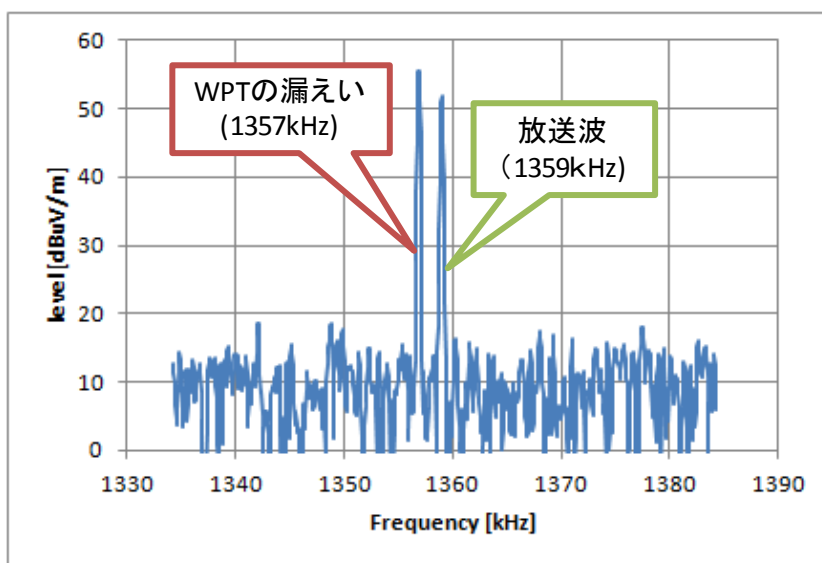



図 3.7.2-8(c) 距離 1m 時のスペクトラム（ノイズ音あり）

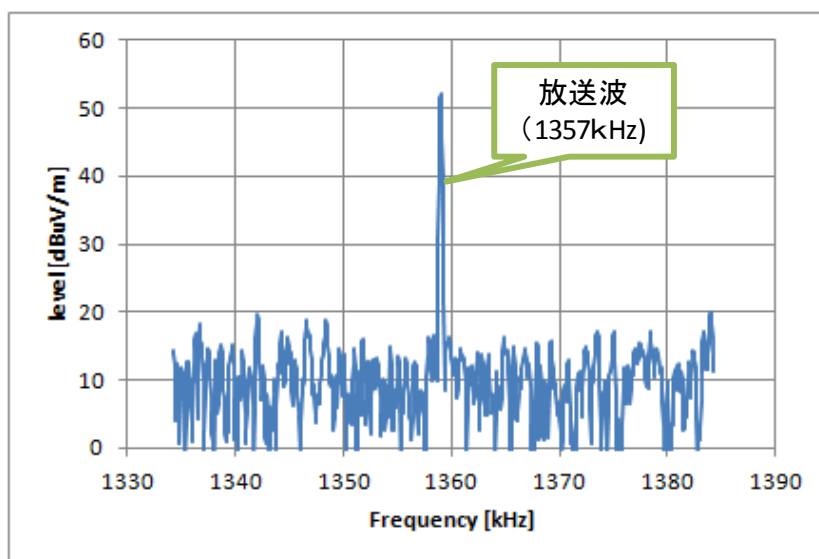



図 3.7.2-8（d）距離 6m 時のスペクトラム（ノイズ音なし）

エ　IF 帯に関する試験結果

①　試験 1（中雑音区域想定）

IF 帯における評価では WPT 機器の周波数を 455.5 kHz に設定し受信機再生音への影響を確認した。

結果を表 3.7.2-5(a)に示す。放送波に対する WPT スペクトラムの影響について、受信機 A1 に関しては RF ラジオ日本受信時、TBS ラジオ受信時ともに 1.0m 以内でノイズ音が確認された。受信機 A2 では RF ラジオ日本、TBS ラジオともに 0.2m 以内でノイズ音が確認された。

表 3.7.2-5(a)　中雑音区域を想定時の IF 帯評価結果

受信機種類	受信チャンネル	受信周波数[kHz]	ノイズ音が消えた距離[m]
受信機A1	TBSラジオ	954	0.7-1.0
受信機A1	RFラジオ日本	1422	0.7-1.0
受信機A2	TBSラジオ	954	0.2
受信機A2	RFラジオ日本	1422	0.2

② 試験 2（低雑音区域想定）

低雑音区域想定時の評価結果を表 3.7.2-5(b)に示す。ここでは WPT の周波数を 452.3 kHz とし、8 台の受信機が NHK 第一の放送波を受信した状態で評価を実施した。高感度タイプの受信機 A1 が最も影響を受けやすく、4m でノイズ音が消えたが、それ以外の受信機ではいずれも 1m 以内でノイズ音が消えた。また受信機 C2、D1 は受信不能となったが、これは受信機自体の性能が低く、低雑音区域での受信ができなかったことによるものである。

表 3.7.2-5(b)　低雑音区域を想定時の IF 帯評価結果

受信機種類	受信チャンネル	受信周波数[kHz]	ノイズ音が消えた距離[m]
受信機A1	NHK第一	1061	4
受信機A2	NHK第一	1061	1
受信機A3	NHK第一	1061	1
受信機A4	NHK第一	1061	1
受信機B1	NHK第一	1061	1
受信機C1	NHK第一	1061	0.1
受信機C2	NHK第一	1061	受信不能※
受信機D1	NHK第一	1061	受信不能※

(5) 検討結果

ア　試験結果の考察

以下に実験結果より放送波受信時の受信機再生音に対する WPT 高調波の影響について考察を行う。まず、高雑音区域を想定したスペクトラムを図 3.7.2-9(a)に示す。

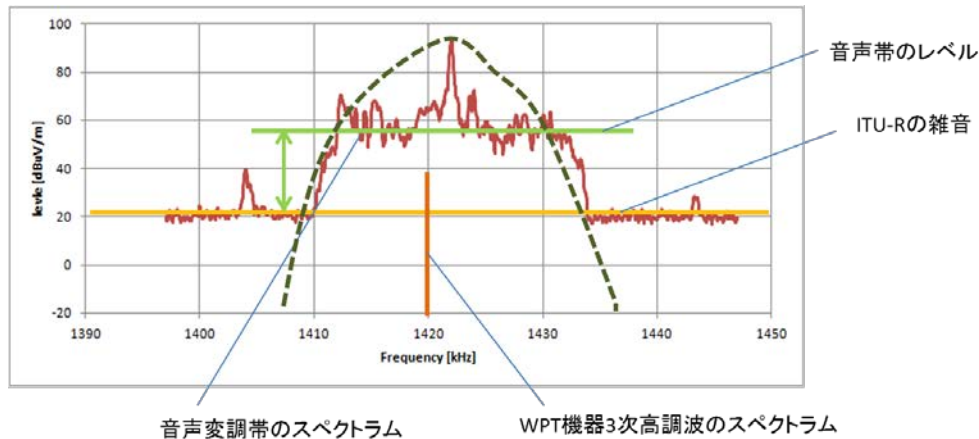



図 3.7.2-9(a)高雑音区域を想定したスペクトラム

この放送波のスペクトラムにおいては、中波放送の搬送波が約 90dBμV/m なのに対し、音声変調帯のスペクトラムのレベルは約 20dB～35dB 低く約 55～70 dBμV/m であるため、WPT の高調波が ITU-R の背景雑音以上であっても、中波放送の音声変調帯のスペクトラムのレベル以下であれば音声帯に入っても雑音として聞こえない。 また、事前に行った GTEM セルの実験結果(付録 H H.4.2 オーディオ周波数特性を参照)より、若干ではあるがフィルタによる損失も緩和要素となっていると考えられる。 よって、高雑音区域においては、WPT 機器の高調波が ITU-R の背景雑音レベル以上であっても、受信機再生音に影響を与えない領域があると言える。

次に、中雑音区域を想定したスペクトラムを図 3.7.2-9(b)に示す。高雑音区域のスペクトラムと同様、中波放送の搬送波が約 70dBμV/m なのに対し、音声変調帯のスペクトラムのレベルは約 20dB～35dB 低く約 35～50 dBμV/m であるため、WPT の高調波が ITU-R の背景雑音以上であっても、中波放送の音声変調帯のスペクトラムのレベル以下であれば、音声帯に入っても雑音として聞こえない。 また、事前に行った GTEM セルの実験結果(付録 H H.4.2 オーディオ周波数特性を参照)より、若干ではあるがフィルタによる損失も緩和要素となっていると考えられる。 よって、中雑音区域においては、WPT 機器の高調波が ITU-R の背景雑音レベル以上であっても、受信機再生音に影響を与えない領域があると言える。

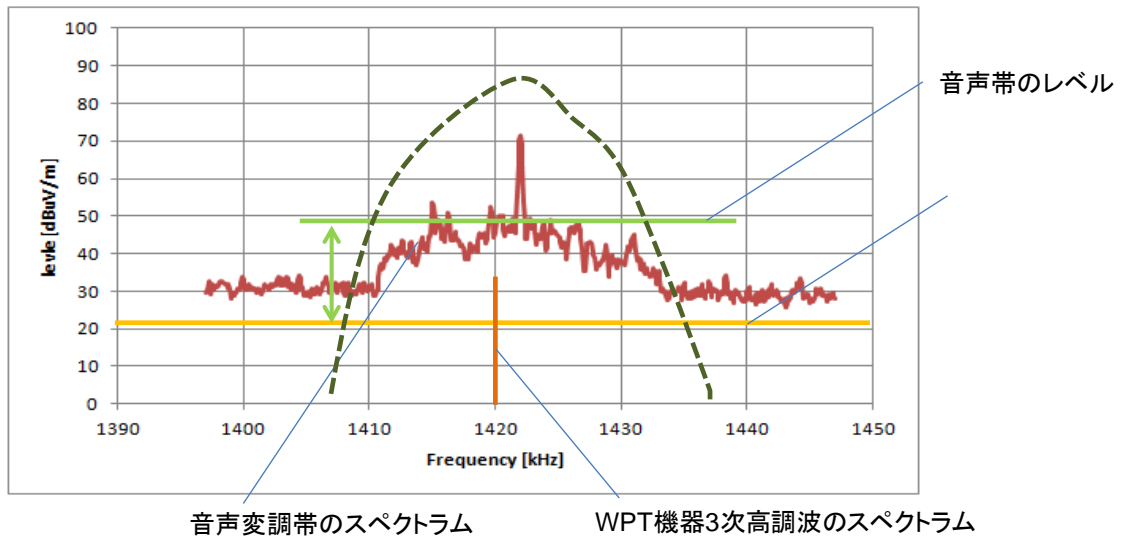



図 3.7.2-9(b)中雑音区域を想定したスペクトラム

イ　放送波帯の共用について

以上の実験結果と考察より、高～中雑音区域については約 20dB の緩和要素が反映されると考えられる。仮に 20dB の補正を行って計算した離隔距離を表 3.7.2-6 に示す。

表 3.7.2-6　補正を加えた場合の所要離隔距離計算結果（高～中雑音区域）

所要離隔距離の計算条件		漏えいレベル	複数台設置による干渉レベルの上昇	実験値に基づいた補正	許容干渉レベル	所要離隔距離
		(dBuV/m @10m)	(dB)	(dB)	(dBuV/m)	(m)
①	BWF提示の目標値利用	49.5	0	20	21.5	15.5
②	共用可能となる許容値の場合	41.0	0	20	21.5	9.7
③	漏えいレベルに測定データ反映	21.0	0	20	21.5	3.3
④	漏えいレベルに測定データ反映(改善後)	18.0	0	20	21.5	2.8

条件によって緩和されるレベルは異なるが、高～中雑音区域における緩和要素は以下のとおりである。

・音声変調波帯のスペクトラム（プログラム内容によって異なる）
・IF フィルタ等による受信回路内の損失（受信機によって異なる）
・屋内の背景雑音の増加分（受信環境によって異なる）

低雑音区域を想定した実験においては、ノイズ音が消えた距離は最大で 6m であり、10m 以下となったが、緩和されるレベルは中雑音区域より小さくなった。

ウ　IF 帯の共用について

中雑音区域を想定した実験においては、IF 帯の耐性が比較的低い高感度受信機に対して、57dBμV/m（3m）の WPT 機器を 1.0m 離したところでノイズ音が無くなったことから、1.0m の距離での WPT 機器の電界強度は 85.6dBμV/m と算出される（3 乗での換算値）。よって、受信機の IF 帯の許容干渉レベルを 85dBμV/m として所要離隔距離の計算を行った。

表 3.7.2-7　IF 帯の所要離隔距離計算結果

所要離隔距離の計算条件		漏えいレベル	複数台設置による干渉レベルの上昇	実験値に基づいた補正	許容干渉レベル	所要離隔距離
		(dBuV/m @10m)	(dB)	(dB)	(dBuV/m)	(m)
①	BWF提示の目標値利用	68.6	0	0	85.0	5.3
②	漏えいレベルに測定データ反映	40.0	0	0	85.0	1.8
③	漏えいレベルに測定データ反映(改善後)	32.0	0	0	85.0	1.3

この結果から、漏えい電界強度の目標値（68.6dBμV/m @10m）であっても、所要離隔距離は 10m を下回っているため、共用は可能であると考えられる。また、低雑音区域を想定した実験結果においても、8 機種全てで離隔距離は 4ｍ以下になっている。さらに、他システム（列車無線）との共用検討の関係で安定性設計による緩和処置を施すことになっており、より余裕を持って共用条件を満足するものと考えられる。

エ　安定性設計による緩和

製造メーカにおいては、製造販売される製品の製造者責任を確保するため、製品の品質にばらつきが生じることを前提に、強制規格値から一定の設計余裕度を持たせた安定性設計を行うことが一般的である。したがって、これを干渉緩和の要素として組み込むことができる。具体的には、基本波及び 3 次高調波に対して設計上 10dB の余裕度を見込むことが想定され、この値を適用した場合の所要離隔距離は表 3.7.2-8 のとおり算出される。システムの性質上 2 次高調波は 3 次高調波よりも漏えい電界強度が低いため、検討対象から除外している。

なお、全ての製品の基本波及び 3 次高調波について上述の 10dB という設計上の余裕度が担保される訳ではないが、多くの製品の平均的な実態を表しているため、共用検討の実態を表す検討結果としては妥当だと考えられる。

表 3.7.2-8　安全設計余裕度を持たせた場合の所要離隔距離計算

所要離隔距離の計算条件		漏えいレベル (dBuV/m @10m)	複数台設置による干渉レベルの上昇 (dB)	実験値に基づいた補正 (dB)	許容干渉レベル (dBuV/m)	所要離隔距離 (m)
①	3次高調波　設計余裕度10dB反映	39.5	0	20	21.5	9.0
②	基本波　設計余裕度10dB反映	58.6	0	0	85.0	2.4

オ　検討結果のまとめ

以上の検討結果から、高～中雑音区域については、上記エに示す安定性設計による緩和処置を施すことで共用条件を満足するものと考えられる。

一方、低雑音区域においては、条件によって WPT 機器が受信機へ干渉を与える可能性がある。そのため、WPT システムの取扱説明書や製品本体等に「中波放送受信機への混信妨害の可能性がある」旨を明示し、消費者への注意喚起を行うことにより、干渉回避が可能となると考えられる。万が一、WPT システムが中波放送受信機に対して許容できない混信妨害を与えた際には、WPT システム側に対策を行い、中波放送受信への混信妨害を許容レベルまで低減する等の対策を取ることが必要である。

低雑音区域に設置される放送局のうち、WPT 機器の 3 次高調波が取りうる周波数範囲（1275 kHz～1572 kHz）に入る放送局は全国で約 170 箇所ある。そのため、低雑音区域における干渉確率についても十分考慮することが必要である。

低雑音区域での干渉確率については、以下のように考えられる。

WPT システムは利用周波数帯の中で一つの周波数を選定し電力伝送を行う。基本波 425 kHz～524 kHz（帯域 99 kHz）に対して、3 次高調波の周波数が取りうる帯域は 3 倍の 1425 kHz～1572 kHz（帯域 297 kHz）となる。干渉の影響を受けやすい 1 つの放送波の帯域を仮に 10 kHz(中心周波数±5 kHz)と考えると、放送周波数帯域に入る確率は 10÷297×100=3.4%となる。さらに、以下の要素により確率は低下するものと考えられ、実用上有害な干渉が発生する可能性は極めて低いものと考えられる。

・WPT 機器の向きと受信機の向きが、干渉を受けやすい方向に一致する確率の低さ

・WPT 機器と受信機が隣家で近接して利用される確率の低さ

・WPT 機器の受電装置の置く場所による周波数のずれ

（同一の WPT 機器であっても 10 kHz～40 kHz 程度のずれが生じる）

3.7.3　家電機器用 WPT②（家庭・オフィス機器）

(1) 検討の進め方

図 3.7.3-1 に示すように、家電機器用 WPT②では、高調波による中波放送帯への帯域内干渉の検討を行う。また、家電機器用 WPT②は、屋内で利用され、同一家屋に多数台存在しうるため、家屋内での電力加算も考慮して検討する。

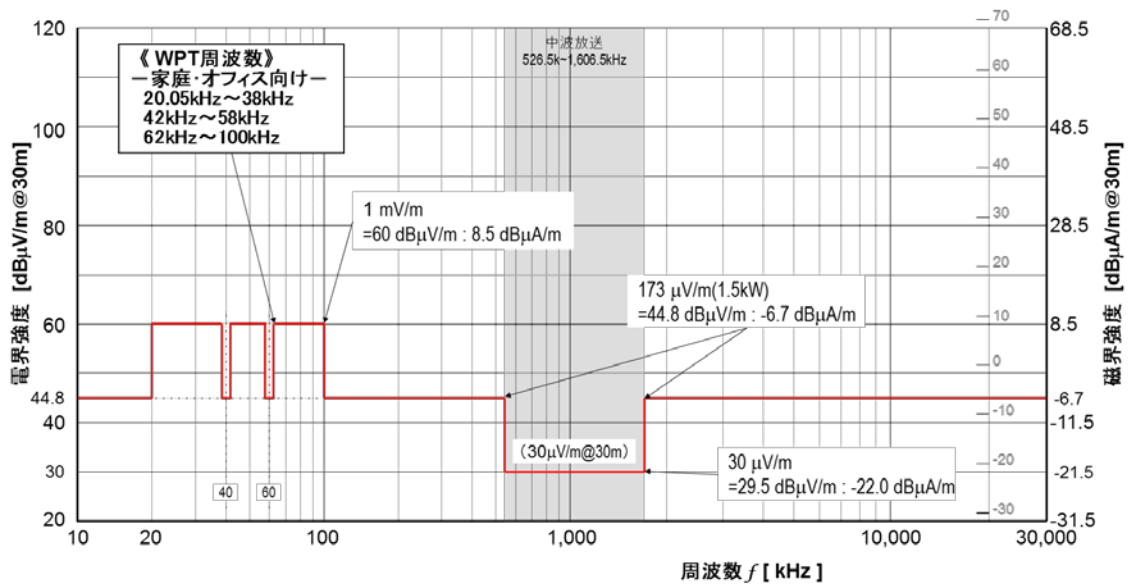



図 3.7.3-1　　WPT の想定スペクトラムマスクと中波放送帯の利用状況

(2) 干渉検討モデル

隣家どうしで想定される干渉検討モデルを図 3.7.3-2 に示す。最も干渉条件の厳しい木造家屋を前提とし、WPT から受信機への与干渉における距離減衰以外の伝搬減衰は考慮しない。

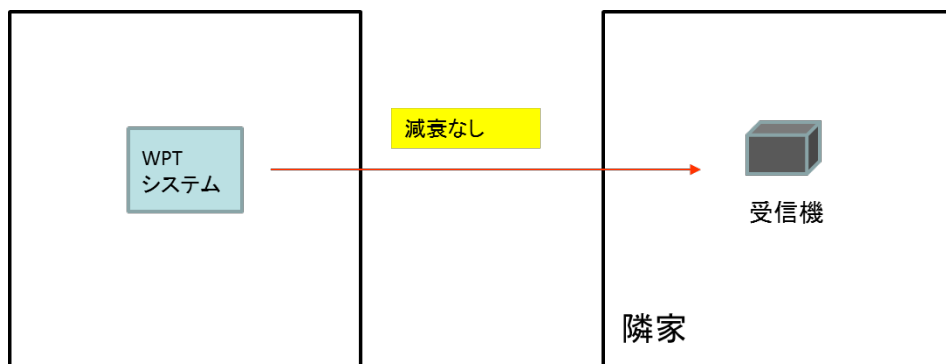



図 3.7.3-2　干渉検討モデル

(3) 検討結果

前述の干渉検討モデルと諸条件を考慮し、高調波が中波放送帯へ帯域内干渉する場合の検討結果を表 3.7.3-1 に示す。所要離隔距離は 36.3m となり、所要離隔距離の基準である「10m」を大きく超過しているため、家電機器用 WPT②と中波放送の共用は困難であると考えられる。

表 3.7.3-1 中波放送帯域内の所要離隔距離計算結果

所要離隔距離の計算条件		漏えいレベル	建物内部に到達する際の減衰量	許容干渉レベル	所要離隔距離
		(dBuV/m @30m)	(dB)	(dBuV/m)	(m)
L0	隣家(建物による減衰なし)	29.5	0	26.0	36.3

3.7.4 電気自動車用 WPT

電気自動車用 WPT では、高調波が中波放送帯域内に入るため、高調波についての検討を行う。

(1) 検討の進め方

電気自動車用 WPT は屋外に設置され、持ち運びが行われないことから、CISPR で定められている所要離隔距離の基準として 10m を適用し、「中波放送プリエンファシス懇談会報告書」における中波放送帯の電波が、建物内部（コンクリート造り住宅等）に到達する際の減衰量を用いて検討する。

また、検討に当たっては、地域ごとに受信可能な中波放送の周波数は限られていることを踏まえ、電気自動車用 WPT の伝送周波数を設置された地域に合わせて調整するという方法を検討した。しかしながら、技術的な実現方法の難易度が必ずしも低くないことと、米国及び欧州で進められている標準化議論では、そのような機能を実装する議論は、現時点では行われていない。したがって、万が一、日本だけのローカル機能の実装が必須となった場合は、国際規格との互換性の阻害要因となる可能性が排除できないため、本報告の検討には含めないこととした。ただし、将来欧米でこのような周波数を適応的に調整する機能が必要となり標準化される場合は、日本でも対応すべき機能であると考えられる。

(2) 干渉検討モデル

干渉検討モデルを図 3.7.4-1 に示す。電気自動車用 WPT は屋外に設置し、コンクリ

ート構造の屋内で使用している受信機への影響を検討する。窓から建物内部へ 50cm の地点における減衰量を 10dB、窓から建物内部へ 3m の地点における減衰量を 23dB、窓から建物内部へ 4m の地点における減衰量を 27dB とした。また、木造家屋については、金属製の窓枠や誘電体である屋根瓦が存在する場合等は一定の減衰量が存在することが推測されるが、今回の検討では適切な計測データ等が存在しないため、距離減衰以外の伝搬減衰は考慮しないものとした。

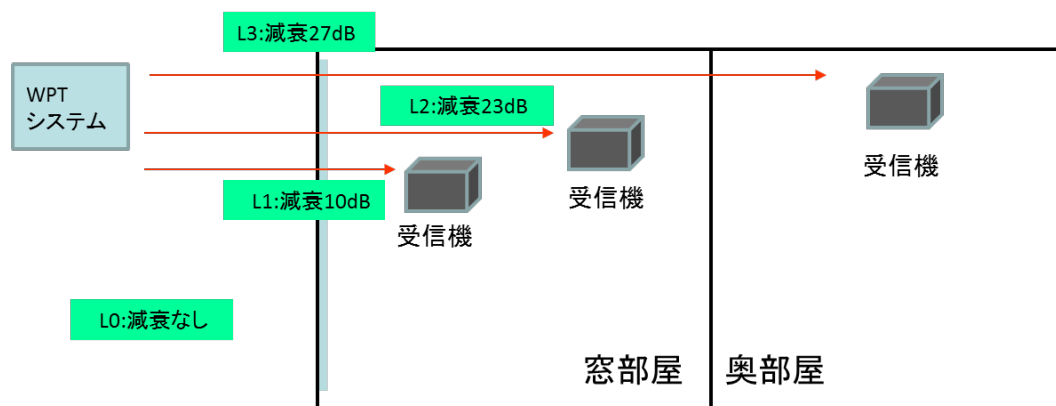



図 3.7.4-1　干渉検討モデル

(3) 干渉計算

前述したパラメータを用いて、所要離隔距離の計算を行った。

表 3.7.4-1　中波放送帯域内の所要離隔距離計算結果

所要離隔距離の計算条件		漏えいレベル	建物内部に到達する際の減衰量	許容干渉レベル	所要離隔距離
		(dBuV/m @30m)	(dB)	(dBuV/m)	(m)
L0	屋外又は木造家屋(建物による減衰なし)	29.5	0	26.0	36.3
L1	窓際(窓から50cm)	29.5	10	26.0	21.0
L2	窓際(窓から3m)	29.5	23	26.0	10.3
L3	窓際(窓から4m)	29.5	27	26.0	8.3

(4) 実機を用いた実験による共用条件の検討

これまで机上検討で共用条件について検討を行ってきたが、その妥当性について、電気自動車用 WPT 機器と受信機を用いた実験で確認した。

実験場所、日程、実験内容等については、事前に中波放送事業者のワイヤレス電力伝送作業班構成員と調整を行い、以下のように決定した。

今回試験した電気自動車用 WPT 機器は、周波数 85.106 kHz、1 次側コイル入力電力 3kW のタイプを用いた。この機器を選定した理由は、電気自動車 WPT の国際標準化での最有力候補の周波数を利用しており、また、実用化レベルに近い高調波低減対策を実施しているからである。対策の結果、漏えいレベルの目標値に対して 13.6dB 低い 35.9 dBμV/m@10m を達成している。受信機については、中波放送事業者のワイヤレス電力伝送作業班構成員の了解を得て、3 機種を選定した。

今回使用する電気自動車用 WPT 機器の電力伝送周波数が 85.106 kHz であり、7 次高調波である 595.742 kHz に隣接する中波放送は、国内では 594 kHz で放送している関東の NHK 第一放送しかない。したがって、実験場所は、千葉県松戸市の TELEC のオープンサイトとした。ただし、実験を行った 2014 年 7 月 1 日の千葉県松戸市の TELEC オープンサイトにおいて、NHK 第一放送の電界強度は約 100 dBμV/m であったため、聴感試験は参考の扱いとして実施した。

実験日時は、対応可能な日程で以下の日程で実施した。6 月 30 日に機材の搬入とセットアップを行い、7 月 1 日の 10 時から所定の測定を開始し、日没による電離層の影響を受け始める前の 16 時までに終了する予定で行った。

評価実験は、以下の 3 種類の実験を行った。

- スペクトラムアナライザでの確認

  電気自動車用 WPT 機器からの漏えい電界強度のスペクトラムを、電気自動車用 WPT 機器を ON にした状態と OFF にした状態で、それぞれ記録を行い 7 次高調波のレベルの確認を行うこととした。

- ソフトウェア受信機での確認

  受信信号をダイレクトサンプリングするソフトウェア受信機を用いて、電気自動車用 WPT 機器を OFF、ON、OFF と状態を遷移させ、その期間連続して電気自動車用 WPT 機器からの漏えい電界強度のスペクトラムを記録し、7 次高調波のレベルの確認を行うこととした。

  ソフトウェア受信機では時間的に連続して瞬時のスペクトラム波形を記録するため、594 kHz の中波放送が無音に近い状態になった瞬間、つまり放送波の側帯波がほぼなくなった状態で、595.742 kHz の 7 次高調波を確認しやすくなることが期待される。

- 受信機による聴感試験

  電気自動車用 WPT 機器を ON にした状態と OFF にした状態で、受信機ヘッドホン出力の聴感を確認した。

電気自動車用 WPT 機器と受信機間の離隔距離が、3m、10m、17.4m となる 3 地点で計測を行った。実験計画では、距離 10m で電気自動車用 WPT 機器の 7 次高調波が観測できない場合、7 次高調波が観測できる距離まで離隔距離を短くして観測する方針であった。しかし、観測可能な最短距離である離隔距離 3m まで近接させても、環境雑音を上

回る 7 次高調波を観測できなかったため、中波放送事業者のワイヤレス電力伝送作業班構成員と相談の上、離隔距離 3m での計測を実施することとした。ただし、3mの離隔距離では、計測された 7 次高調波が無線部による漏えい電磁界のみの影響であるかを確認できないため、参考実験とする。

電気自動車用 WPT 機器からの漏えい電界を計測する方向は、受信するループアンテナを対向して設置したときに漏えい電界強度が最大となる方向（0 度方向）と、直向して設置したときに漏えい電界強度が最大となる方向（90 度方向）の 2 方向で評価を行った。

計測に使用したアンテナは、17.4m の離隔距離ではアクティブループアンテナを使用し、10m と 3m の離隔距離ではパッシブループアンテナを使用した。アクティブループアンテナは今回計測した帯域内ではアンテナファクタが約 20dB である。パッシブループアンテナのアンテナファクタの周波数特性は図 3.7.4-2 に示したとおりである。

実験の側面レイアウト図を図 3.7.4-3 に、上面レイアウト図を図 3.7.4-4 に示す。

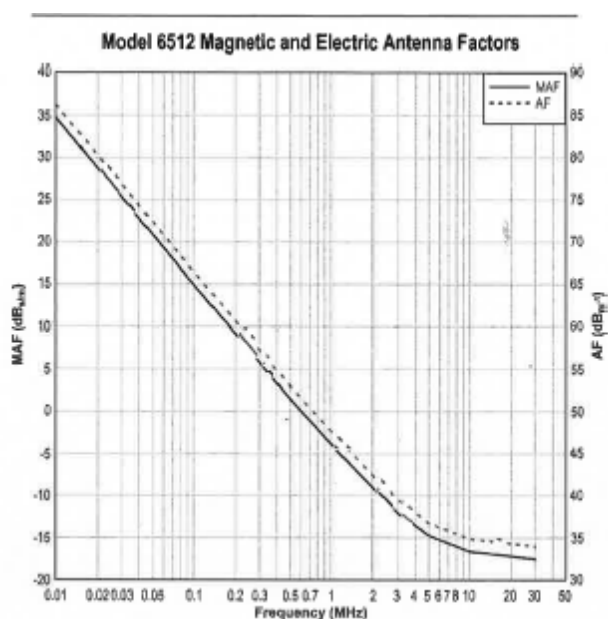



図 3.7.4-2　パッシブループアンテナのアンテナファクタ周波数特性

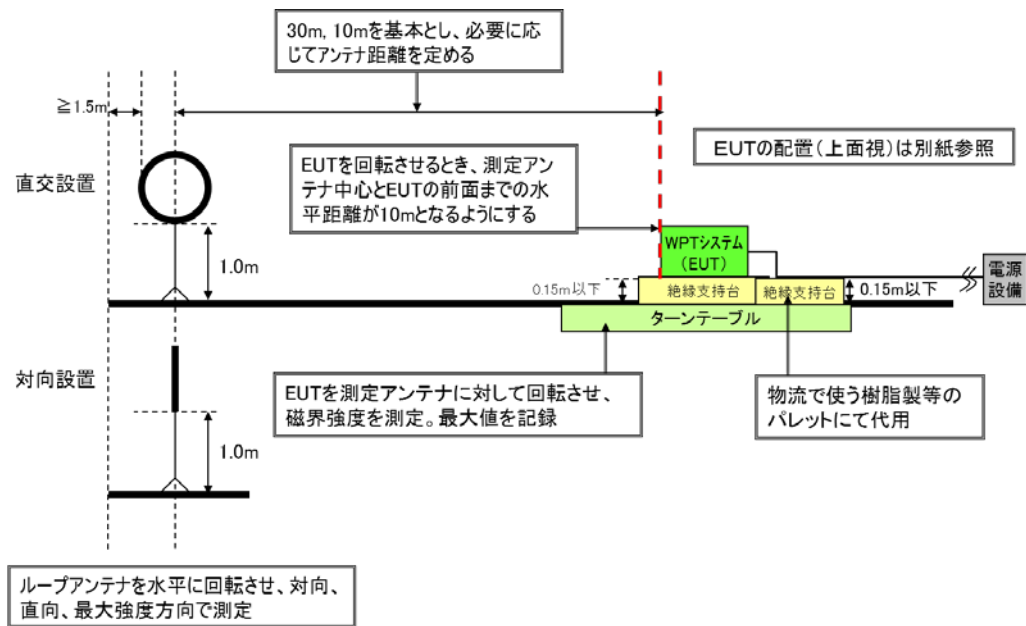



図 3.7.4-3　実験の側面レイアウト

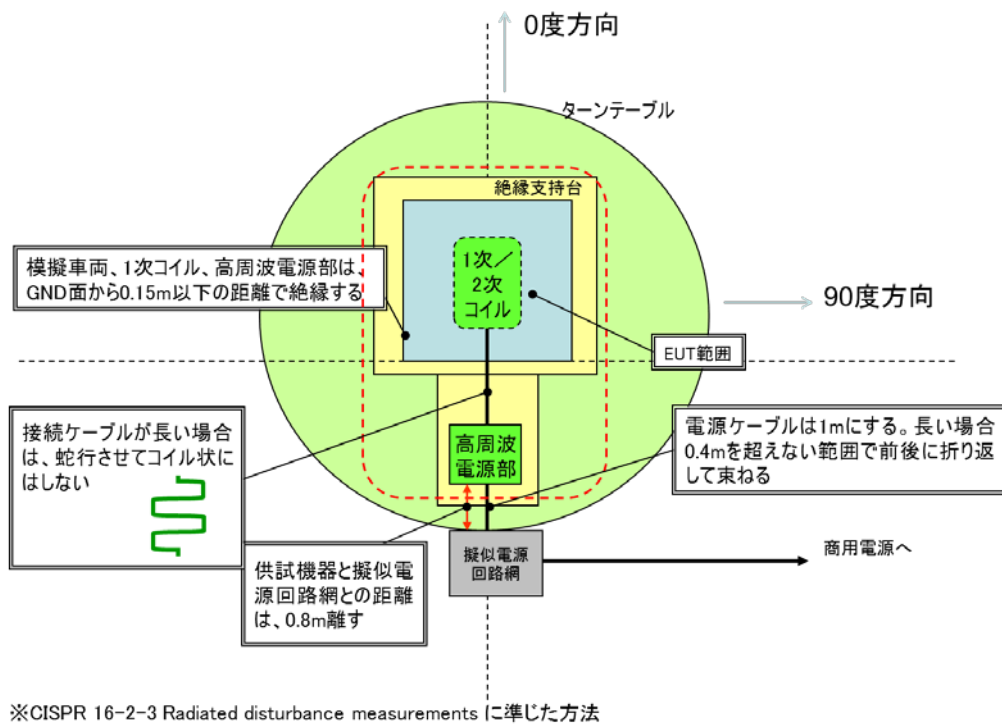



図 3.7.4-4　実験の上面レイアウト

ア　漏えい電界強度の測定結果

　まず、受信するループアンテナを対向して設置した場合に漏えい電界強度が最大となる方向は、電気自動車用 WPT 機器の 0 度方向であることと、直向して設置した場合

に漏えい電界強度が最大となる方向は、90 度方向であることをそれぞれ確認し、実験を行った。

離隔距離 10m での、電気自動車用 WPT 機器の 0 度方向の 500 kHz から 2,000 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-5 に、電気自動車用 WPT 機器の 0 度方向の 579 kHz から 609 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-6 に、電気自動車用 WPT 機器の 90 度方向の 500 kHz から 2,000 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-7 に、電気自動車用 WPT 機器の 90 度方向の 579 kHz から 609 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-8 に示す。灰色の線が電気自動車用 WPT 機器を OFF にしたときのグラフで、黒丸が電気自動車用 WPT 機器を ON にしたときのプロットである。図 3.7.4-5、図 3.7.4-6、図 3.7.4-7、図 3.7.4-8 いずれのグラフからも、595.742 kHz の 7 次高調波は確認できなかった。

同じく離隔距離 10m での、ソフトウェア受信機での計測では、中波放送が無音に近い状態でも 7 次高調波を確認できなかった。

離隔距離 17.4m での、電気自動車用 WPT 機器の 0 度方向の 500 kHz から 2,000 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-9 に、電気自動車用 WPT 機器の 0 度方向の 579 kHz から 609 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-10 に、電気自動車用 WPT 機器の 90 度方向の 500 kHz から 2,000 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-11 に、電気自動車用 WPT 機器の 90 度方向の 579 kHz から 609 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-12 に示す。灰色の線が電気自動車用 WPT 機器を OFF にしたときのグラフで、黒丸が電気自動車用 WPT 機器を ON にしたときのプロットである。図 3.7.4-9、図 3.7.4-10、図 3.7.4-11、図 3.7.4-12 いずれのグラフからも、595.742 kHz の 7 次高調波は確認できなかった。

同じく離隔距離 17.4m でのソフトウェア受信機での計測では、中波放送が無音に近い状態で、数十秒の計測期間のうち数百 ms 程度の時間に 7 次高調波を確認できた。ただし、ごく短時間の現象であるため、放送受信には全く影響はないと考えられる。

離隔距離 3m での計測は、距離 10m で 7 次高調波を観測できなかったため、参考として実施した。電気自動車用 WPT 機器の 0 度方向の 500 kHz から 2,000 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-13 に、電気自動車用 WPT 機器の 0 度方向の 579 kHz から 609 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-14 に、電気自動車用 WPT 機器の 90 度方向の 500 kHz から 2,000 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-15 に、電気自動車用 WPT 機器の 90 度方向の 579 kHz から 609 kHz までのスペクトラムを図 3.7.4-16 に示す。灰色の線が電気自動車用 WPT 機器を OFF にしたときのグラフで、黒丸が電気自動車用 WPT 機器を ON にしたときのプロットである。図 3.7.4-13、図 3.7.4-14、図 3.7.4-15、図 3.7.4-16 いずれのグラフからも、595.742 kHz の 7 次高調波は確認できなかった。これは、スペクトラムアナライザで一定時間の平均的な電力を計測するため、中波放送の変調信号の平均電力に対して、電気自動車用 WPT 機器の平均的な高調波レベルが小さいためと

考えられる。

同じく離隔距離 3m での、ソフトウェア受信機での計測では、中波放送の変調度がある程度低くなると、7 次高調波を確認できた。

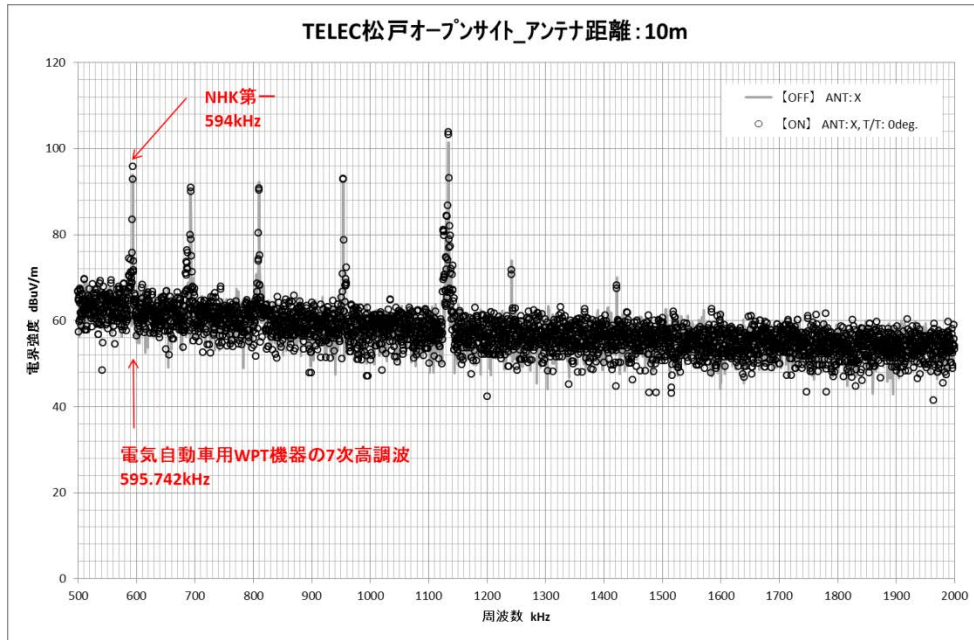



図 3.7.4-5　離隔距離 10m 0 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
(500 kHz から 2,000 kHz)

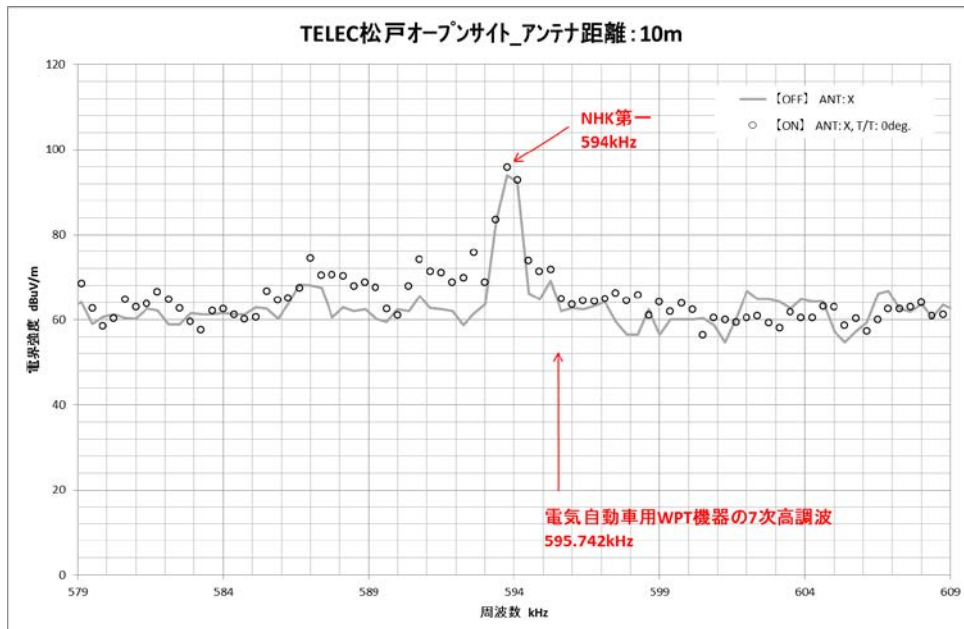



図 3.7.4-6　離隔距離 10m 0 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
(579 kHz から 609 kHz)

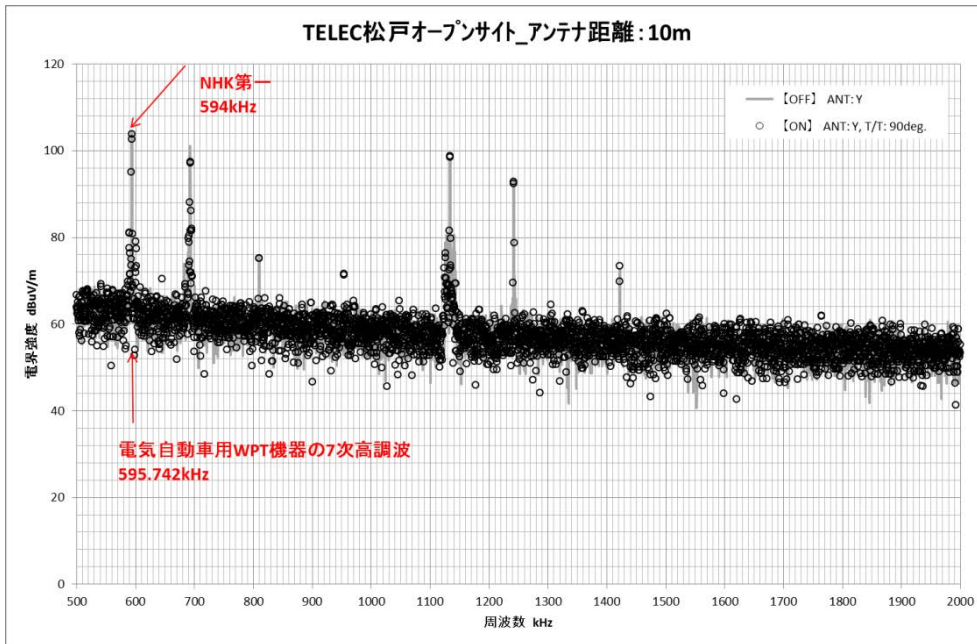



図 3.7.4-7　離隔距離 10m 90 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
（500 kHz から 2,000 kHz）

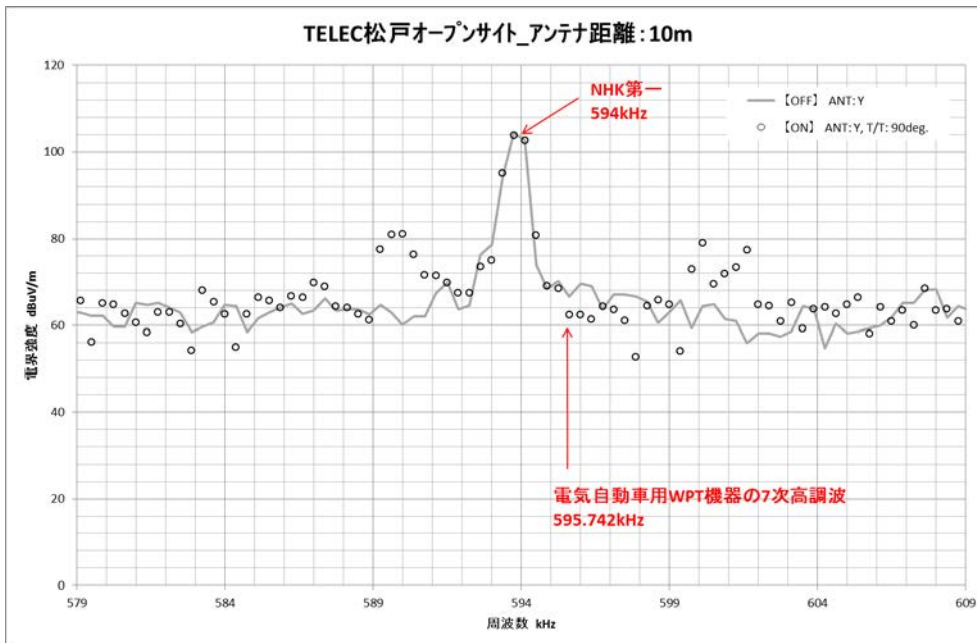



図 3.7.4-8　離隔距離 10m 90 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
（579 kHz から 609 kHz）

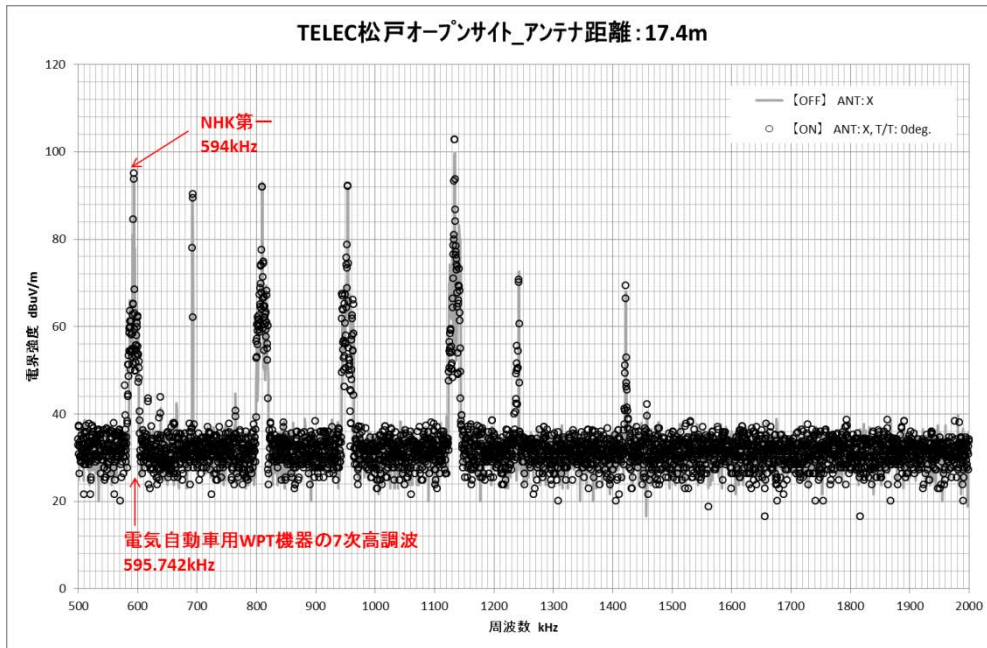



図 3.7.4-9 離隔距離 17.4m 0 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
(500 kHz から 2,000 kHz)

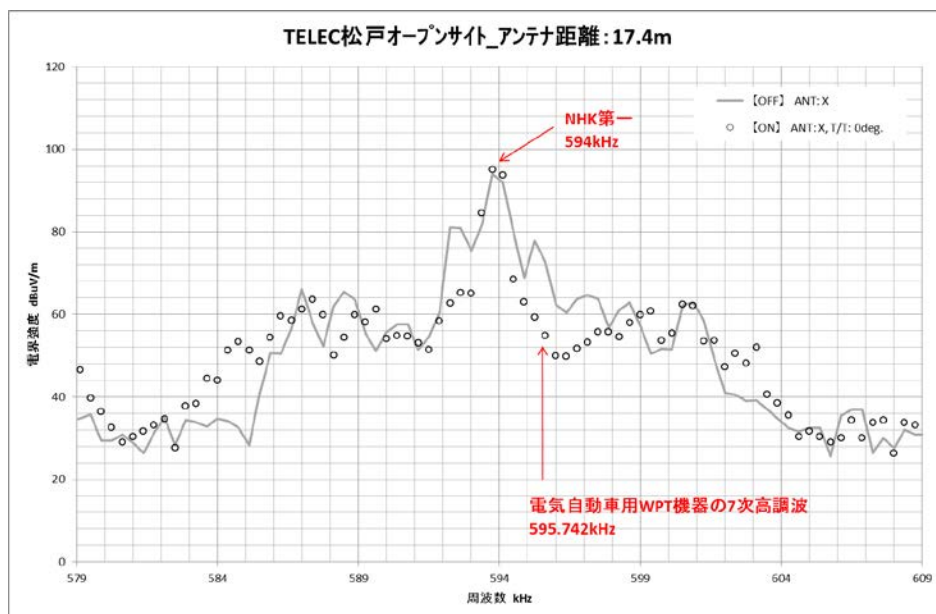



図 3.7.4-10 離隔距離 17.4m 0 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
(579 kHz から 609 kHz)

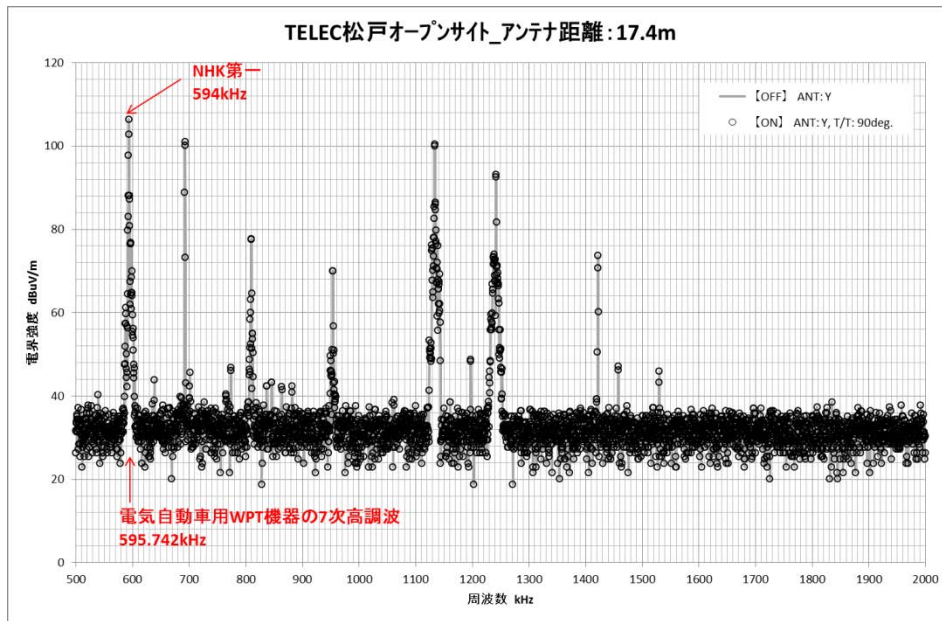



図 3.7.4-11　離隔距離 17.4m 90 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
（500 kHz から 2,000 kHz）

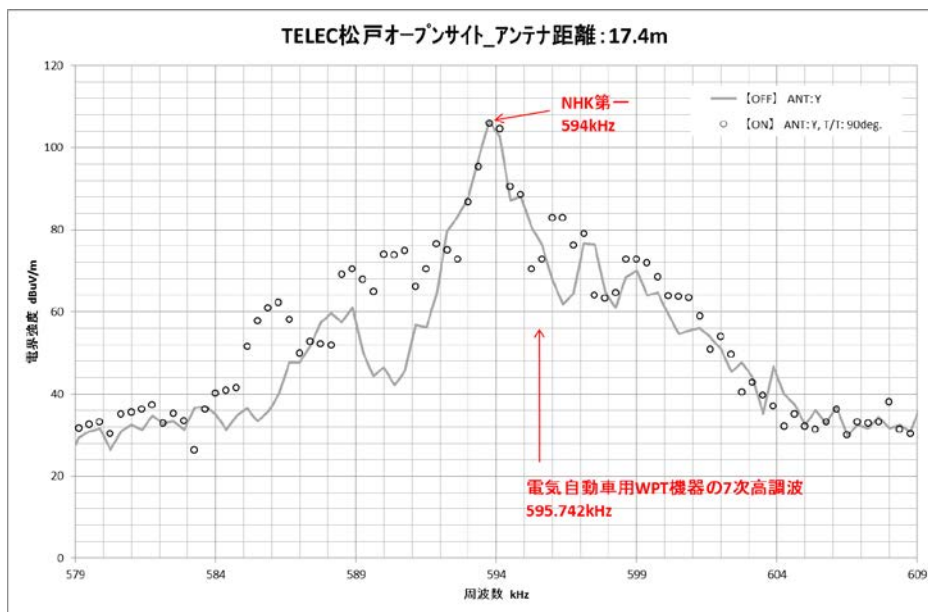



図 3.7.4-12　離隔距離 17.4m 90 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
（579 kHz から 609 kHz）

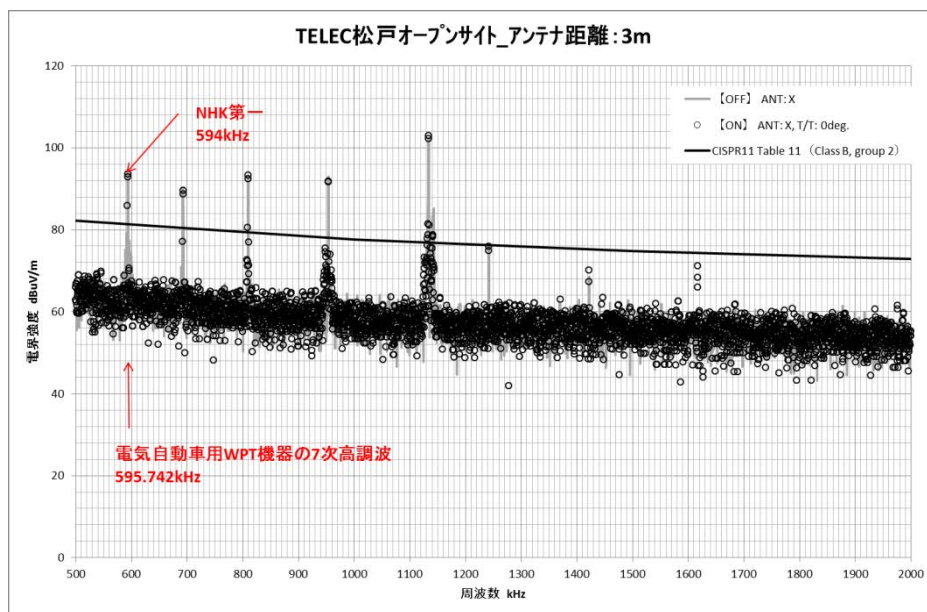



図 3.7.4-13　離隔距離 3m 0 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
（500 kHz から 2,000 kHz）

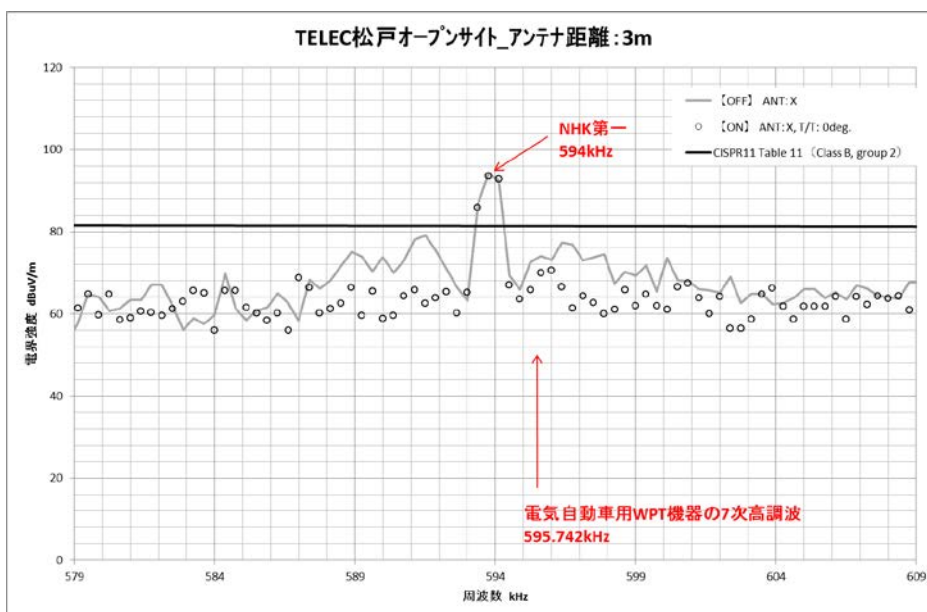



図 3.7.4-14　離隔距離 3m 0 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
（579 kHz から 609 kHz）

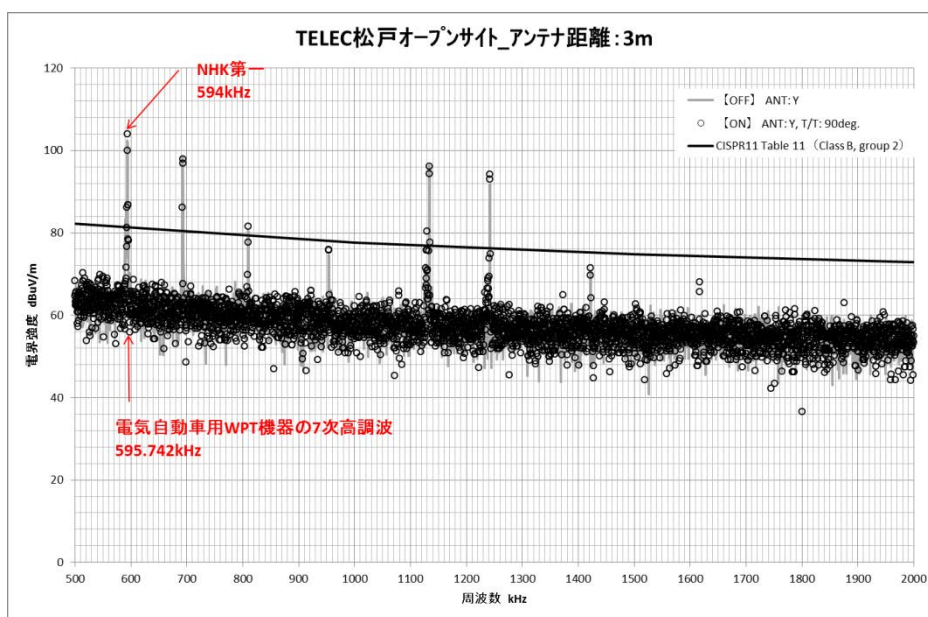



図 3.7.4-15　離隔距離 3m 90 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
(500 kHz から 2,000 kHz)

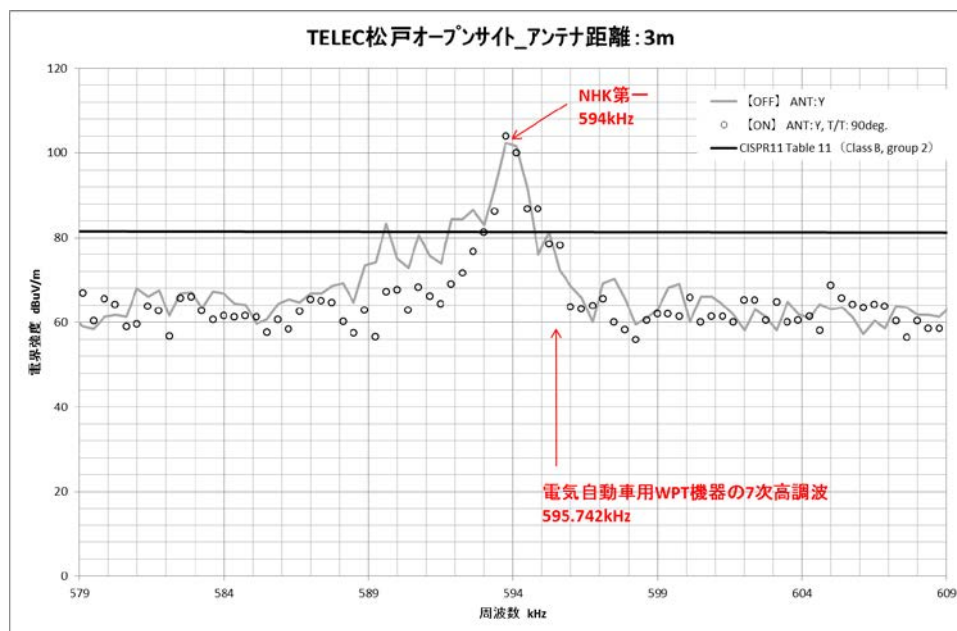



図 3.7.4-16　離隔距離 3m 90 度方向を向けたときの電界強度スペクトラム
(579 kHz から 609 kHz)

イ　受信機による聴感試験結果（参考実験）

各離隔距離（3m、10m、17.4m）で、3 種類の受信機を用いて聴感試験を実施した。ただし、今回の聴感試験では、2014 年 7 月 1 日の千葉県松戸市の TELEC オープンサイト

におけるNHK第一放送の受信電力レベルが約100dBμV/mであり、中波放送の受信電界強度が十分に高いという前提条件で行ったものであることから、参考の位置付けとする。

電気自動車用WPT機器の向きは、0度方向と90度方向の2方向とした。

受信機の設置角度及び電気自動車用WPT機器との方位については、NHK第一放送の電界強度が約100dBμV/mと非常に強いことから、中波放送事業者のワイヤレス電力伝送作業班構成員と相談のうえ、NHK第一放送が最も受信しにくいヌル点の方向に受信機を向けて設置し、同時に受信機の向きに対して、電気自動車用 WPT 機器からの高調波が最も強く受信される角度に設置した。NHK第一放送が最も受信しにくいヌル点の方向に受信機を向けて設置したとき、電気自動車用 WPT 機器を OFF にした状態でも、電気自動車 WPT 機器以外の影響によるノイズ音が発生することが確認されている。聴感試験者は中波放送事業者のワイヤレス電力伝送作業班構成員を含む希望者とした。

離隔距離 17.4m では、いずれの場合も電気自動車用 WPT 機器によるノイズ音は検知できなかった。

離隔距離 10m では、諦聴すれば電気自動車用 WPT 機器によるノイズ音を検知することはできたが、放送番組の内容が静かなときにかすかに聞こえる程度であった。参考までに、放送波の受信電界強度がヌル以外となる方向に受信機の向きを回転させて設置した場合には、電気自動車用WPT機器によるノイズ音は全く検知できなかった。

離隔距離3mでは、電気自動車用WPT機器の漏えい電力によるノイズ音をはっきりと確認することができた。ただし、中波放送の番組が音楽である場合や BGM が流れている場合には、電気自動車用 WPT 機器によるノイズ音が音楽や BGM にマスクされ判別できない場合もあった。

ウ　実験のまとめ

本実験は、電気自動車用 WPT 機器と受信機の間に、干渉を軽減する壁などの物質が無いオープンサイトで行った。NHK第一放送の電界強度が約100 dBμV/mと非常に強いことから NHK 第一放送の到来方向に受信機のアンテナ指向性がヌルとなる方向を合わせて実施した。

電気自動車用WPT機器の7次高調波のレベルは35.9dBμV/m@10mであり、WPTの漏えいレベルの目標値の49.5dBμV/m@10mに対し13.6dB低いレベルで試験を実施した。

机上検討でコンクリート構造物の窓際で聴取した場合に想定される10dBの干渉レベル低減効果に相当する離隔距離 17.4m においては、今回の実験では、いずれの方法でも電気自動車用WPT機器の影響によるノイズ音を検知することはできなかった。

離隔距離10mの実験では、スペクトラムアナライザによる測定では電気自動車用WPT機器の 7 次高調波は確認できなかった。また、ソフトウェア受信機での計測でも電気自動車用WPT機器の7次高調波は確認できなかった。

参考として実施した聴感試験では、NHK 第一放送の到来方向で受信機のアンテナ指向性がヌルとなる方向に受信機を設置し、電気自動車用 WPT 機器を OFF にした状態で電気自動車用 WPT 機器以外のノイズ音が乗る受信環境において、更に中波放送の番組内容が静かなときに、諦聴すればかすかに電気自動車用 WPT 機器の影響によるノイズ音を検知できた。

参考として実施した離隔距離 3m の実験では、ソフトウェア受信機での計測で影響があることを確認できた。聴感試験ではノイズ音をはっきりと確認できた。ただし、この距離でも中波放送の番組が音楽である場合や BGM が流れている場合には、電気自動車用 WPT 機器によるノイズ音が音楽や BGM にマスクされ判別できないケースもあった。

(5) 検討結果

机上検討結果から、木造家屋での受信ケースでは共用条件を満たさなかった。また、コンクリート構造物の窓際から 0.5m での受信ケースでも共用条件を満たさなかった。一方、コンクリート構造物の窓際から 4m での受信ケースは、漏えいレベルが周囲雑音以下となり、共用条件を満たしていることが分かった。

実機を用いた実験として、スペクトラムアナライザでの確認及びソフトウェア受信機での確認を行った。離隔距離 17.4m での結果から、中波放送の受信電界強度が高い高雑音区域（50～10mV/m、94～80dBμV/m）では、コンクリート構造物の窓際でも共用条件を満たしていることが分かった。さらに、同実験の離隔距離 10m での結果から、中波放送の受信電界強度が高い高雑音区域（50～10mV/m、94～80dBμV/m）では、木造家屋内での受信ケースも共用条件を満たすことが分かった。

一方、種々の物理的な制約により、可能な範囲でしか実験を実施せざるを得なかったため、中雑音区域及び低雑音区域の木造家屋内における中波放送の受信への影響については、共用条件を満たせるとの結論には至っていない。

ただし、その場合であっても、電気自動車用 WPT 機器が 1 日当たりに動作する予測平均時間が 1 時間弱であること、帰宅直後に数十分の短時間充電を行うユーザーが比較的多いことや、環境・設置条件等によって WPT の伝送周波数が所定帯域内で決定されることなどを考慮すると、電気自動車用 WPT 機器がその近傍の中波放送受信機に対して、常に干渉を与えるわけではない。

これらの検討結果から、所要離隔距離の基準である「10m」を超過している場合もあるが、実質的な運用上の支障が生じる可能性は高くないと考えられる。したがって、電気自動車用 WPT システムの取扱説明書や製品本体等に「中波放送受信機への混信妨害の可能性がある」旨を明示し、消費者への注意喚起を行うことにより干渉回避が可能となると考えられる。また、万が一、電気自動車用 WPT システムが中波放送受信機に対して許容できない混信妨害を与えた際には、電気自動車用 WPT システム側に対策を行い、中波放送受信への混信妨害を許容レベルまで低減することが必要である。

これらの対応が実施される前提であれば、総合的に判断して、中波放送と電気自動車用 WPT システムとは共用可能となると考えられる。

3.8　固定・移動無線との共用検討

3.8.1　家電機器用 WPT①（モバイル機器）

(1) 検討の進め方

家電機器用 WPT①が使用する周波数帯の 6,765-6,795　kHz と周波数重複する固定・移動通信を行う無線局（以下「無線局」という。）との周波数共用条件として、当該無線局の設置環境を考慮した所要離隔距離を 3.5km と定め、これを満足するための家電機器用 WPT①の漏えい電界強度を導出する。

(2) 干渉検討モデル

干渉検討モデルを図 3.8.1 に示す。家電機器用 WPT①（図において「WPT システム」）は屋内に設置され、屋外で運用する無線局への影響を検討する。

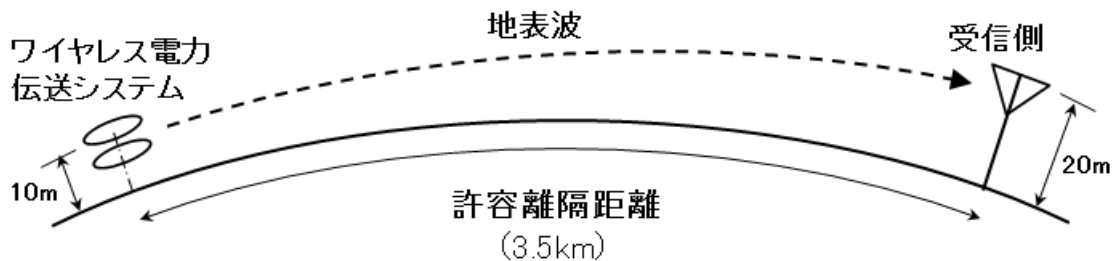



図 3.8.1　干渉検討モデル

(3) 干渉計算

WPT システムからの漏えい電磁波は、上図の配置に対しては、WPT システムと無線器受信アンテナの高さが波長より低いため、大地の湾曲に沿う地表波（グランドウェーブ）として伝搬する。ITU-R の勧告 P.368-7 では、周波数 10 kHz-30 MHz の地表波の電界強度を求めるための伝搬特性が勧告されており、図 3.8.2 に示すとおり、周波数 6 MHz 付近の電磁波の地表波伝搬に対しては 40dB/decade の減衰特性が示されている。

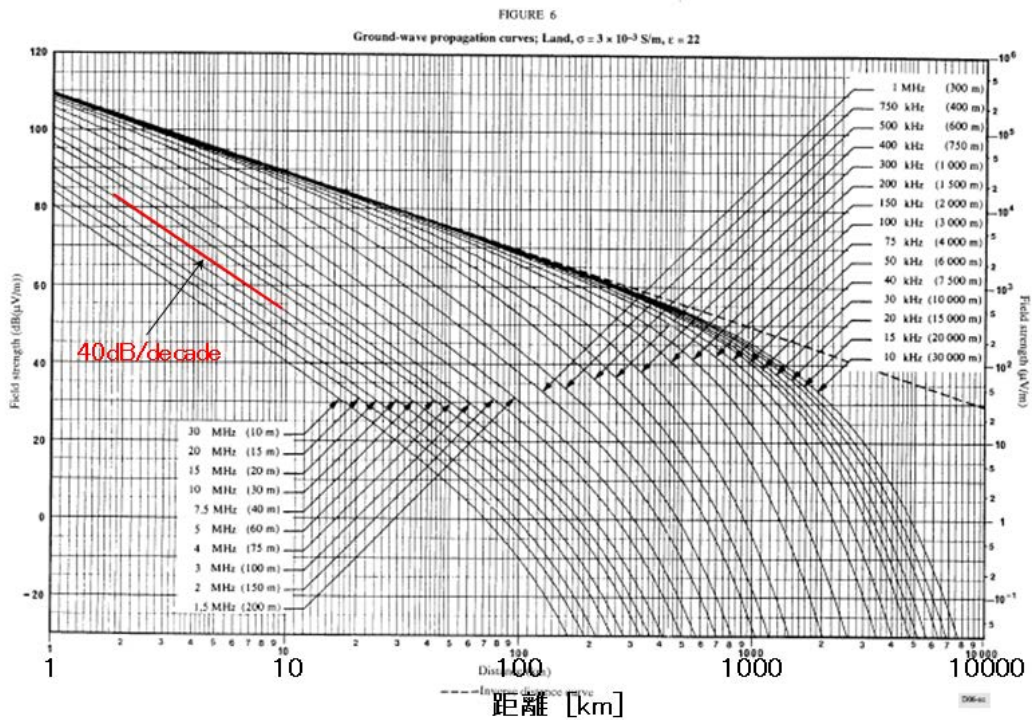



図 3.8.2　ITU-R 勧告 P.368-7 の地表波の伝搬特性
（大地の定数　導電率：3mS/m、比誘電率：22.0）

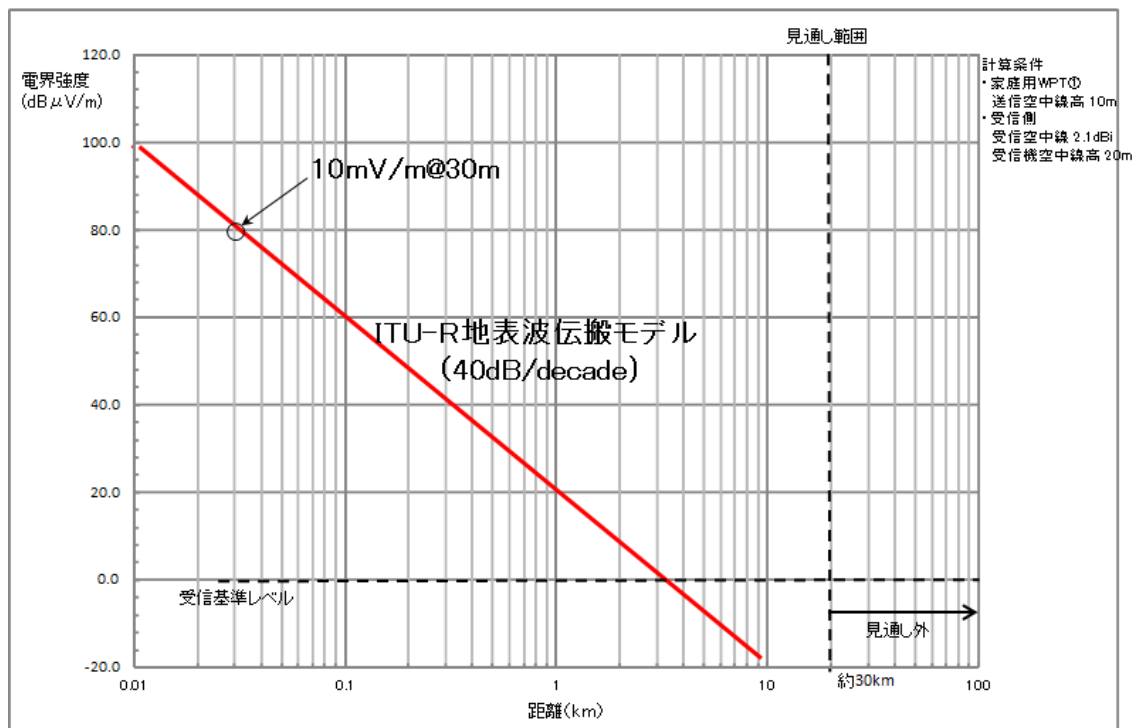



図 3.8.3　家庭用 WPT①機器の漏えい電界の伝搬特性計算値

したがって、この 40dB/decade の減衰特性に対して、離隔距離が 3.5km となる漏えい電界強度の許容値は、図 3.8.3 に示すとおり、10mV/m@30m（=80dBμV/m@30m）となる。

(4) 検討結果

前述の干渉検討モデルと諸条件を考慮し、家電機器用 WPT①から固定・移動通信を行う無線局への有害な干渉を与えないための漏えい電界強度の許容値は、両者の使用する周波数が重複する場合において、10mV/m@30m となった。

第４章　許容値及び測定法

本章では、WPT システムの許容値及び測定法について述べる。

4.1　許容値

4.1.1 許容値設定に当たっての考え方

本作業班で対象とした WPT システムに対する許容値の検討に当たっては、国内での既存システムとの周波数共用検討の結果及び従来の電波法令で定めてきた許容値の不整合を最小とするよう配慮するとともに、WPT システムが搭載される製品の区分（自動車、家電機器、パソコン等の情報技術装置）に従い関連する CISPR 規格を基本とし、国際規格との整合性を図ることが適当である。運用に当たっては、CISPR 規格が国内規格として情報通信審議会より答申を受けているものを参照するものの、近い将来廃止予定の CISPR 規格については、答申予定の新規格を参照する。なお、CISPR における WPT システムに対する許容値及び測定法は審議中であることに鑑み、最新の審議動向を勘案し、これを許容値として導入する必要があると判断された場合、本作業班においてもこのための審議を加速化することで許容値設定の迅速化を図ることが適当である。

表 4.1.1-1　許容値決定の際に参考とした CISPR 規格

分類	伝導妨害波		放射妨害波			
	9kHz～150kHz	150kHz～30MHz	9～150kHz	150kHz～30MHz	30MHz～1GHz	1～6GHz
電気自動車用	当面規定しない （注１）	CISPR11 ｸﾞﾙｰﾌﾟ 2 （Ed.5.1）	周波数共用条件 （注１）	CISPR11 ｸﾞﾙｰﾌﾟ 2 （Ed.5.1）（注４） 周波数共用条件	CISPR11 ｸﾞﾙｰﾌﾟ 2 (Ed.5.1)	規定しない
家電機器用①	利用周波数が当該周波数帯にないので規定しない	CISPR32（Ed.1.0） CISPR11 ｸﾞﾙｰﾌﾟ 2 (Ed.5.1)（注２）	規定しない	CISPR11 ｸﾞﾙｰﾌﾟ 2 (Ed.5.1)(注２)(注３）（注４） CISPR32（Ed.1.0） 周波数共用条件	CISPR11 ｸﾞﾙｰﾌﾟ 2 (Ed.5.1)（注２） CISPR32（Ed.1.0） 周波数共用条件	CISPR32（Ed.1.0）
家電機器用②	CISPR14-1 AnnexB (Ed.5.2)	CISPR14-1 AnnexB (Ed.5.2) CISPR11 ｸﾞﾙｰﾌﾟ 2 (Ed.5.1)	CISPR14-1 AnnexB (Ed.5.2) 周波数共用条件	CISPR14-1 AnnexB (Ed.5.2) 周波数共用条件	CISPR14-1 (Ed.5.2) CISPR11 ｸﾞﾙｰﾌﾟ 2 (Ed.5.1)（注２）	規定しない
家電機器用③	利用周波数が当該周波数帯にないので規定しない	CISPR32（Ed.1.0） CISPR 11 ｸﾞﾙｰﾌﾟ 2 (Ed.5.1)（注２）	規定しない	CISPR11 ｸﾞﾙｰﾌﾟ 2 (Ed.5.1)(注２)(注３）（注４） CISPR32（Ed.1.0） 周波数共用条件	CISPR11 ｸﾞﾙｰﾌﾟ 2 (Ed.5.1)（注２） CISPR32（Ed.1.0）	CISPR32（Ed.1.0）

注１　将来 CISPR 11 に規定されたとき改めて審議する。

注２　WPT 機器がホスト機器なしに動作する場合は、CISPR 11 の許容値を適用し、他の規定については準用する。

注３　利用周波数を含む周波数帯の規定がない場合は、CISPR11 の許容値を適用し、他の規定については準用する。

注４　CISPR 11　グループ２　クラス B については、3m 許容値をもとに 10m 距離での許容値を規定する。

表全体への注１　クラス分け（A 又は B）はそれぞれの CISPR 規格における定義に従う。

表全体への注２　家電機器用 WPT システム①及び③において、CISPR 32 と記載されている場合については、CISPR 32 を適用することが適当なものに適用する。

参考：

現在、情報通信審議会より答申を受けているもの

１　CISPR11（Ed.5.1）：工業、科学、医療用装置からの妨害波の許容値と測定方法
（昭和 63 年９月 26 日付け諮問第３号「国際無線障害特別委員会（ＣＩＳＰＲ）の諸規格について」のうち、「工業、科学、医療用装置からの妨害波の許容値及び測定方法」に関する一部答申（H26.3.25））

２　CISPR14-1（Ed.5.2）：家庭用電気機器、電動工具及び類似機器からの妨害波の許容値と測定方法
（昭和 63 年９月 26 日付け諮問第３号「国際無線障害特別委員会（ＣＩＳＰＲ）の諸規格について」のうち、「家庭用電気機器、電動工具及び類似機器からの妨害波の許容値と測定方法」及び「無線妨害波及びイミュニティの測定装置並びに測定方法の技術的条件」に関する一部答申（H23.9.16））

３　CISPR22（Ed.6.0）：情報技術装置からの無線妨害波特性の許容値及び測定法
（昭和 63 年９月 26 日付け諮問第３号「国際無線障害特別委員会（ＣＩＳＰＲ）の諸規格について」のうち、「無線周波妨害波及びイミュニティ測定装置の技術的条件」及び「情報技術装置からの妨害波の許容値と測定法」に関する一部答申（H22.12.21）

CISPR22 が近い将来廃止されるため、答申を予定しているもの

４　CISPR32（Ed.1.0）：マルチメディア機器のＥＭＣ　エミッション許容値

このほか、許容値の設定にあたり以下の事項を考慮した。

(1)予め設定した目標値（第３章 3.1 参照）に周波数共用検討で得られた技術的条件をこれに反映する。

(2)利用周波数における漏えい強度や放射妨害波の強度は、10ｍの距離における磁界強度（30 MHz 以下）及び電界強度（30 MHz～1 GHz）により規定する。

(3)許容値は、クラスA及びBのそれぞれを併記する。

なお、そのクラス分けの適用に当たっては、当該 WPT システムの設置環境を勘案しCISPRにおける定義に従うこととする。

(4)許容値については、将来の関係する国際標準化の進展や周波数共用条件の変更に伴い適宜見直しを図る。

(5)このほか、設定された許容値のもとで周波数共用を担保するために必要な条件を併記する。

4.1.2 検討対象とした各システムに対する許容値

(1)　電気自動車用

電気自動車用WPTシステムの許容値については、周波数共用検討の結果や国際的な動向を勘案し、以下のとおりとすることが適当である。

①利用周波数

表 4.1.2-1　利用周波数（電気自動車用）

検討対象周波数（参考）	候補周波数
42 kHz～48 kHz 52 kHz～58 kHz 79 kHz～90 kHz 140.91 kHz～148.5 kHz	79 kHz～90 kHz(*) (*)周波数共用検討の結果や国際的な動向を勘案し、この周波数を選定した。

②利用周波数における漏えい電磁界強度

表 4.1.2-2　利用周波数における漏えい電磁界強度（電気自動車用）

目標値（参考）	許容値
3 kW（家庭用WPT） 91.3 dBμV/m @30m 39.8 dBμA/m @30m 7.7 kW（公共用WPT） 95.4 dBμV/m @30m 43.9 dBμA/m @30m	3 kWクラス 68.4 dBμA/m @10m（準尖頭値） 7.7 kWクラス 72.5 dBμA/m @10m（準尖頭値） (*1)　信号保安設備への有害な干渉を起こさないため、以下の離隔距離を確保し、かつ、この離隔距離以内にWPTを設置しないこと。 ○3 kWクラス 線路の端から5.4 m

	○7.7 kW クラス 線路の端から 6.3 m (*2) 単一の線区で使用する 80 kHz と 92 kHz の周波数を使用する誘導式列車無線への有害な干渉を与えないため、車上アンテナに対して約 45 m の離隔距離を確保し、かつ、この離隔距離以内に WPT を設置しないこと。 (*3) 上記(*1) (*2)は、机上検討から導かれた設置制限であり、今後、実証実験等により机上検討の妥当性を検証する必要がある。また、今後、信号保安設備等も妨害波に対する耐性向上等が望まれる。

③伝導妨害波の許容値

4.1.1 項参考１に示す一部答申中、表６又は表７を基本として、以下の表 4.1.2-3 又は表 4.1.2-4 を許容値として適用すること。

表4.1.2-3　クラスAグループ２装置の電源端子妨害波電圧の許容値(試験場における測定)

周波数帯域	定格入力電力 ≦75 kVA		定格入力電力 ＞75 kVA[a]	
MHz	準尖頭値 dB（μV）	平均値 dB（μV）	準尖頭値 dB（μV）	平均値 dB（μV）
0.15 － 0.50	100	90	130	120
0.50 － 5	86	76	125	115
	90	80		
5 － 30	周波数の対数に対し直線的に減少		115	105
	73	60		
周波数範囲の境界では、厳しい方の値の許容値を適用する。				

表4.1.2-4　クラスＢグループ２装置の電源端子妨害波電圧の許容値(試験場における測定)

周波数帯域 MHz	準尖頭値 dB(μV)	平均値 dB(μV)
0.15 － 0.50	66 周波数の対数に対し直線的に減少 56	56 周波数の対数に対し直線的に減少 46
0.50 － 5	56	46
5 － 30	60	50
周波数範囲の境界では、厳しい方の値の許容値を適用する。		

④放射妨害波の許容値

表 4.1.2-5　放射妨害波の許容値（電気自動車用）

目標値（参考）	許容値
9 kHz～30 MHz 46dBμV/m@ 30m -5.51dBμA/m @30m 526.5～1606.5 kHz 29.5dBμV/m @30m -22.0dBμA/m @30m	9 kHz～150 kHz（利用周波数を除く） 23.1 dBμA/m @10m（準尖頭値） 150 kHz～30 MHz 4.1.1 項参考１に示す一部答申中、表９の D=10m の許容値又は表１１の許容値を基本として、以下の表 4.1.2-6 の値又は表 4.1.2-7 を距離 10m に換算した値を許容値として適用する。 ただし、表 4.1.2-7 の許容値を適用する場合には、高調波に当たる部分（158～180kHz、237～270kHz、316～360kHz 及び 395～450kHz）については、許容値から 10dB 緩和する。 また、526.5 kHz から 1606.5 kHz までの周波数においては、 -2.0 dBμA/m @10m（準尖頭値）。 30 MHz～1 GHz 4.1.1 項参考１に示す一部答申中、表９又は表１１の D=10m の許容値を基本

	として、以下の表 4.1.2-6 又は表 4.1.2-7 の D=10m の許容値を適用する。

表 4.1.2-6　クラス A グループ２装置の放射妨害波の許容値（試験場における測定）

周波数範囲 MHz	測定距離D(m)における許容値					
	試験場において装置からの距離　D=30m		試験場において装置からの距離　D=10m		試験場において装置からの距離　D=3m[a]	
	電界 準尖頭値 dB（μV/m)	磁界 準尖頭値 dB（μA/m)	電界 準尖頭値 dB（μV/m)	磁界 準尖頭値 dB（μA/m)	電界 準尖頭値 dB（μV/m)	磁界 準尖頭値 dB（μA/m)
0.15 - 0.49	−	33.5	−	57.5	−	57.5
0.49 - 1.705	−	23.5	−	47.5	−	47.5
1.705 - 2.194	−	28.5	−	52.5	−	52.5
2.194 - 3.95	−	23.5	−	43.5	−	43.5
3.95 - 20	−	8.5	−	18.5	−	18.5
20 - 30	−	-1.5	−	8.5	−	8.5
30 - 47	58	−	68	−	78	−
47 - 53.91	40	−	50	−	60	−
53.91 - 54.56	40	−	50	−	60	−
54.56 - 68	40	−	50	−	60	−
68 - 80.872	53	−	63	−	73	−
80.872 - 81.848	68	−	78	−	88	−
81.848 - 87	53	−	63	−	73	−
87 - 134.786	50	−	60	−	70	−
134.786 - 136.414	60	−	70	−	80	−
136.414 - 156	50	−	60	−	70	−
156 - 174	64	−	74	−	84	−
174 - 188.7	40	−	50	−	60	−
188.7 - 190.979	50	−	60	−	70	−
190.979 - 230	40	−	50	−	60	−
230 - 400	50	−	60	−	70	−
400 - 470	53	−	63	−	73	−

470 - 1 000	50	–	60	–	70	–
周波数範囲の境界では、厳しい方の値の許容値を適用する。						

表4.1.2-7　クラスBグループ2装置の放射妨害波の許容値（試験場における測定）

周波数範囲 MHz	測定距離D(m)における許容値				
	電界				磁界
	D = 10m		D = 3m[b]		D = 3m
	準尖頭値	平均値[a]	準尖頭値	平均値[a]	準尖頭値
	dB（μV/m）	dB（μV/m）	dB（μV/m）	dB（μV/m）	dB（μA/m）
0.15 - 30	–	–	–	–	39 周波数の対数に対し直線的に減少 3
30 - 80.872	30	25	40	35	–
80.872 - 81.88	50	45	60	55	–
81.88 - 134.786	30	25	40	35	–
134.786 - 136.414	50	45	60	55	–
136.414 - 230	30	25	40	35	–
230 - 1000	37	32	47	42	–
周波数範囲の境界では、厳しい方の値の許容値を適用する。					

(2)　家電機器用①

家電機器用 WPT システム①については、CISPR 11 (Ed.5.1) グループ２の規格値を適用することを基本とし、CISPR 32 の規格値を適用することが適当なものについては、CISPR 32 の規格値を適用することとする。

周波数共用検討の結果や国際的な動向を勘案し、許容値については、以下のとおりとすることが適当である。

①利用周波数

表 4.1.2-8　利用周波数（家電機器用①）

検討対象周波数（参考）	候補周波数
6,765 kHz～6,795 kHz	6,765 kHz～6,795 kHz

②利用周波数における漏えい電磁界強度

表 4.1.2-9　利用周波数における漏えい電磁界強度（家電機器用①）

目標値（参考）	許容値
100dBμV/m @30m 48.5dBμA/m @30m	6.765 MHz-6.776 MHz 44 dBμA/m@10m（準尖頭値） 6.776 MHz-6.795 MHz 64 dBμA/m@10m（準尖頭値）

③伝導妨害波の許容値

4.1.1 項参考１に示す一部答申中、表６又は表７を基本として、上述の表 4.1.2-3 又は表 4.1.2-4 を許容値として適用すること。

CISPR 32 (Ed.1.0)の規格値を適用することが適当な場合は、以下の表 4.1.2-10 又は表 4.1.2-11 を許容値として適用すること。なお、通信ポート等の伝導妨害波の許容値については、以下の表 4.1.2-12、表 4.1.2-13 又は表 4.1.2-14 を適用すること。

表 4.1.2-10　クラス A 機器の交流電源ポートからの伝導エミッションの要求事項

対象ポート 1. 交流電源ポート			
周波数範囲 MHz	結合装置	検波器の種類 / 帯域幅	クラス A 許容値 dB(μV)
0.15 – 0.5	擬似電源回路網（AMN）	準尖頭値 / 9 kHz	79

0.5 – 30			73
0.15 – 0.5	擬似電源回路網（AMN）	平均値 / 9 kHz	66
0.5 – 30			60
注）周波数の境界では低い方の許容値を適用する。			

表 4.1.2-11　クラス B 機器の交流電源ポートからの伝導エミッションの要求事項

対象ポート 1. 交流電源ポート			
周波数範囲 MHz	結合装置	検波器の種類 / 帯域幅	クラス B 許容値 dB(μV)
0.15 – 0.5	擬似電源回路網（AMN）	準尖頭値 / 9 kHz	66 – 56
0.5 – 5			56
5 – 30			60
0.15 – 0.5	擬似電源回路網（AMN）	平均値 / 9 kHz	56 – 46
0.5 – 5			46
5 – 30			50
注1）周波数の境界では低い方の許容値を適用する。 2）0.15 MHz～0.50 MHzの範囲での許容値は周波数の対数値に対して直線的に減少する。			

表 4.1.2-12　クラス A 機器からの不平衡モードの伝導エミッションの要求事項

対象ポート 1. 有線ネットワークポート（CISPR 32(Ed.1.0) 3.1.30) 2. 金属製シールドまたはテンションメンバを有する光ファイバーポート（CISPR 32(Ed.1.0) 3.1.24) 3. アンテナポート（CISPR 32(Ed.1.0) 3.1.3)					
表項	周波数範囲 MHz	結合装置 (CISPR 32(Ed.1.0) 表 A.7 参照)	検波器の種類 / 帯域幅	クラス A 電圧許容値 dB(μV)	クラス A 電流許容値 dB(μA)
A10.1	0.15 – 0.5	AAN	準尖頭値/ 9 kHz	97 – 87	適用外
	0.5 – 30			87	
	0.15 – 0.5	AAN	平均値/ 9 kHz	84 – 74	
	0.5 – 30			74	

A10.2	0.15 - 0.5	CVPと電流プローブ	準尖頭値/ 9 kHz	97 - 87	53 - 43
	0.5 - 30			87	43
	0.15 - 0.5	CVPと電流プローブ	平均値/ 9 kHz	84 - 74	40 - 30
	0.5 - 30			74	30
A10.3	0.15 - 0.5	電流プローブ	準尖頭値/ 9 kHz	適用外	53 - 43
	0.5 - 30				43
	0.15 - 0.5	電流プローブ	平均値/ 9 kHz		40 - 30
	0.5 - 30				30
結合装置の選択と測定手順は、CISPR 32(Ed.1.0)付則 Cで定義される。 有線ネットワーク機能がある交流電源ポートは、CISPR 32(Ed.1.0)表 A.8の許容値に適合すること。 試験は、すべての周波数範囲を網羅すること。 電圧または電流の許容値は使用する測定手順による。適用には、CISPR 32(Ed.1.0)表C.1を参照すること。 試験はEUTの１つの供給電圧と周波数だけが要求される。 3mを超えるケーブルの接続が意図される上記にリストされたポートが対象となる。					

表 4.1.2-13　クラスB機器からの不平衡モードの伝導エミッションの要求事項

対象ポート 1. 有線ネットワーポート (CISPR 32(Ed.1.0) 3.1.30) 2. 金属製シールドまたはテンションメンバを有する光ファイバーポート (CISPR 32(Ed.1.0) 3.1.24) 3. 放送受信機ポート (CISPR 32(Ed.1.0) 3.1.8) 4. アンテナポート (CISPR 32(Ed.1.0) 3.1.3)					
表項	周波数範囲 MHz	結合装置 (CISPR 32(Ed.1.0) 表 A.7参照)	検波器の種類 / 帯域幅	クラス B 電圧許容値 dB(μV)	クラスB 電流許容値 dB(μA)
A11.1	0.15 - 0.5	AAN	準尖頭値/ 9 kHz	84 - 74	適用外
	0.5 - 30			74	
	0.15 - 0.5	AAN	平均値/ 9 kHz	74 - 64	
	0.5 - 30			64	
A11.2	0.15 - 0.5	CVPと電流プローブ	準尖頭値/ 9 kHz	84 - 74	40 - 30
	0.5 - 30			74	30
	0.15 - 0.5	CVPと電流プ	平均値/	74 - 64	30 - 20

	0.5 – 30	ローブ	9 kHz	64	20
A11.3	0.15 – 0.5	電流プローブ	準尖頭値/ 9 kHz	適用外	40 – 30
	0.5 – 30				30
	0.15 – 0.5	電流プローブ	平均値/ 9 kHz		30 – 20
	0.5 – 30				20
結合装置の選択と測定手順は、CISPR 32 (Ed.1.0)付則 C で定義される。 テレビ受信機チューナポートでシールドポートは 150 Ωのコモンモードインピーダンスで試験される。これはシールドとグランド間に 150 Ωを終端して実現できる。 有線ネットワーク機能がある交流電源ポートは CISPR 32 (Ed.1.0)表 A.9 の許容値に適合すること。 試験はすべての周波数範囲を網羅すること。 電圧または電流の許容値は使用する測定手順による。適用には、CISPR 32 (Ed.1.0)表 C.1 を参照すること。 試験は、EUT の 1 つの供給電圧と周波数だけが要求される。 3m を超えるケーブルの接続が意図される上記にリストされたポートが対象となる。					

表 4.1.2-14　クラス B 機器からのディファレンシャル電圧の伝導エミッションの要求事項

対象ポート
1. コネクタで接続可能なテレビ放送受信機チューナポート(CISPR 32(Ed.1.0) 3.1.8)
2. RF 変調出力ポート(CISPR 32(Ed.1.0) 3.1.27)
3. コネクタで接続可能な FM 放送受信機チューナポート(CISPR 32(Ed.1.0) 3.1.8)

表項	周波数範囲 MHz	検波器の種類/帯域幅	クラス B 許容値 dB(μV) 75 Ω			対象
			その他	局部発振基本波	局部発振高調波	
A12.1	30 – 950	周波数 ≤1 GHz 準尖頭値/ 120 kHz	46	46	46	a) 参照
	950 – 2 150		46	54	54	
A12.2	950 – 2 150		46	54	54	b) 参照
A12.3	30 – 300	周波数 ≥1 GHz 尖頭値/	46	54	50	c) 参照
	300 – 1 000				52	

A12.4	30 - 300	1 MHz	46	66	59	d) 参照
	300 - 1 000				52	
A12.5	30 - 950		46	76	46	e) 参照
	950 - 2 150			適用外	54	
a) テレビジョン受信機（アナログまたはデジタル), ビデオレコーダと 30MHz から 1GHz で動作する PC 用テレビ受信チューナカードとデジタルオーディオ受信機。 b) (LNB ではない)衛星放送受信チューナユニット。 c) FM オーディオ受信機と PC チューナカード。 d) FM カーラジオ。 e) テレビ放送受信機チューナポートに接続するように設計された RF 変調出力ポートが備わった EUT に適用する（例 DVD 機器、ビデオレコーダ、カムコーダ、デコーダ等)。 試験は EUT の１つの供給電圧と周波数だけが要求される。 用語 ‘その他’は局部発振の基本波および高調波を除いたすべてのエミッションを示す。 テストは各々の受信チャンネルで動作させて実施すること。 テストは全周波数範囲を網羅すること。						

④放射妨害波の許容値

表 4.1.2-15 放射妨害波の許容値（家電機器用①）

目標値（参考）	許容値
9 kHz～30MHz 40dBμV/m @30m -11.5dBμA/m @30m	150 kHz～30 MHz 4.1.1 項参考１に示す一部答申中、表９の D=10m の許容値又は表１１の許容値を基本として、上述の表 4.1.2-6 の値又は表 4.1.2-7 を距離 10m に換算した値を許容値として適用する。 ただし､表 4.1.2-7 の許容値を適用する場合には、高調波に当たる部分（20.295 MHz～20.385 MHz）については､10m の距離において､4.03dBμA/m（準尖頭値）。 また、526.5 kHz から 1606.5 kHz までの周波数においては、-2.0 dBμA/m（準尖頭値）。

	30 MHz～1 GHz 4.1.1項参考１に示す一部答申中、表９又は表１１のD=10mの許容値を基本として、上述の表4.1.2-6又は表4.1.2-7のD=10mの許容値を適用する。 CISPR 32 (Ed.1.0)の規格値を適用することが適当な場合には、以下の表4.1.2-16又は表4.1.2-17を許容値として適用する。 ただし、表4.1.2-7又は表4.1.2-17の許容値を適用する場合には、高調波に当たる部分（33.825 MHz～33.975 MHz）については、10mの距離において、49.5dBμV/m（準尖頭値)。 1 GHz～6 GHz CISPR 32 (Ed.1.0)の規格値を適用することが適当な場合は、以下の表 4.1.2-18 又は表4.1.2-19を許容値として適用する。

表4.1.2-16 クラスA機器の1 GHzまでの周波数における放射エミッションの要求事項

周波数範囲 MHz	測定		クラスA許容値 dB(μV/m)
	距離 m	検波器種類/ 帯域幅	OATS/SAC (CISPR 32 (Ed.1.0)の表A.1参照)
30 – 230	10	準尖頭値 / 120 kHz	40
230 – 1 000			47
30 – 230	3		50
230 – 1 000			57

表4.1.2-17 クラスB機器の1 GHzまでの周波数における放射エミッションの要求事項

周波数範囲 MHz	測定		クラスB許容値 dB(μV/m)
	距離 m	検波器の種類/ 帯域幅	OATS/SAC (CISPR 32 (Ed.1.0)の表A.1参照)
30 – 230	10	準尖頭値 / 120 kHz	30
230 – 1,000			37
30 – 230	3		40

230 – 1,000			47

表 4.1.2-18 クラス A 機器の 1 GHz 超の周波数における放射エミッションの要求事項

周波数範囲 MHz	測定		クラス A 許容値 dB(μV/m)
	距離 m	検波器の種類/ 帯域幅	FSOATS (CISPR 32 (Ed.1.0)の表 A.1 参照)
1,000 – 3,000	3	平均値 / 1 MHz	56
3,000 – 6,000			60
1,000 – 3,000		尖頭値 / 1 MHz	76
3,000 – 6,000			80

表 4.1.2-19 クラス B 機器の 1 GHz 超の周波数における放射エミッションの要求事項

周波数範囲 MHz	測定		クラス B 許容値 dB(μV/m)
	距離 m	検波器の種類/ 帯域幅	FSOATS (CISPR 32 (Ed.1.0)の表 A.1 参照)
1,000 – 3,000	3	平均値/ 1 MHz	50
3,000 – 6,000			54
1,000 – 3,000		尖頭値/ 1 MHz	70
3,000 – 6,000			74

(3)　家電機器用②

家電機器用 WPT システム②の許容値については、周波数共用検討の結果や国際的な動向を勘案し、以下のとおりとすることが適当である。

①利用周波数

表 4.1.2-20　利用周波数（家電機器用②）

検討対象周波数（参考）	候補周波数（*2)
20.05～38 kHz 42～58 kHz 62～100 kHz	21～29 kHz 31～38 kHz 42～58 kHz 62～100 kHz(*1) (*1)単一の線区で使用する 80 kHz と 92 kHz の周波数を使用する誘導式列車無線への有害な干渉を起こさないため、必要なガードバンド幅を考慮した上で当該周波数を発射しないこと。 (*2)電波時計及び列車無線との周波数共用検討結果を踏まえ、周波数を絞り込んだ。

②利用周波数における漏えい電磁界強度

表 4.1.2-21　利用周波数における漏えい電磁界強度（家電機器用②）

目標値（参考）	許容値
60dBμV/m @30m 8.5dBμA/m @30m	設定困難 【理由】 現在、家電機器用②から信号保安設備へ有害な干渉を与えないための条件として、以下の離隔距離が確保され、かつ、この離隔距離以内に WPT を設置しないこと、との結果が得られている。 ・信号保安設備との所要離隔距離 2.0 m ・信号保安設備との所要離隔距離 5.2 m(*1) (*1)信号保安設備のうち耐妨害特性

	がレールに流れる妨害電流値で 規定できるもの） しかしながら、家電機器用②の利用形態から勘案し、このような離隔距離を制限するような周波数共用条件のもとに運用することは困難であり、このような設置場所による制約を不要とするための技術的検討（利用周波数帯の選定や漏えい電磁界強度の適正レベル）が不足しているため許容値を定めることができない。これについては継続審議が必要である。 (*2)　上記は、机上検討から導かれた設置制限であり、今後、実証実験等により机上検討の妥当性を検証する必要がある。また、今後、信号保安設備等も妨害波に対する耐性向上等が望まれる。

③伝導妨害波の許容値

CISPR 14-1 AnnexB (Ed.5.2) の規格値を適用すること。

注：本規格値は、4.1.1 項参考１に示す CISPR 11 (Ed.5.1) の「表８　電磁誘導加熱式調理器の電源端子妨害波電圧の許容値」として含まれている。

表 4.1.2-22　9 kHz～30 MHz までの電源端子妨害波電圧の許容値

周波数帯域 MHz	電磁誘導加熱式調理器の許容値			
	接地接続のない定格100Vの装置以外のすべての装置		接地接続のない定格100Vの装置	
	準尖頭値 dB（μV）	平均値 dB（μV）	準尖頭値 dB（μV）	平均値 dB（μV）
0.009 - 0.050	110	-	122	-
0.050 – 0.1485	90 ～ 80 周波数の対数に対し直線的に減少	-	102 ～ 92 周波数の対数に対し直線的に減少	-

0.1485 – 0.5	66 ～ 56 周波数の対数に対し直線的に減少	56 ～ 46 周波数の対数に対し直線的に減少	72 ～ 62 周波数の対数に対し直線的に減少	62 ～ 52 周波数の対数に対し直線的に減少
0.50 – 5	56	46	56	46
5 – 30	60	50	60	50
周波数範囲の境界では、厳しい方の値の許容値を適用する。				

④放射妨害波の許容値

表 4.1.2-23　放射妨害波の許容値（家電機器用②）

目標値（参考）	許容値
9 kHz～30MHz 44.8dBμV/m @30m -6.7dBμA/m @30m 526.5～1606.5 kHz 29.5dBμV/m @30m -22.0dBμA/m @30m	9 kHz～30 MHz CISPR 14-1 AnnexB（Ed.5.2）の規格値を適用する。 注：本規格値は、現在、4.1.1項参考１に示すCISPR 11（Ed.5.1）における 「表12　業務用電磁誘導加熱式調理器の磁界強度の許容値」及び「表13　家庭用電磁誘導加熱式調理器の磁界により2mループアンテナに誘起される電流の許容値」 として含まれている。 これらについては、表 4.1.2-24 及び表 4.1.2-25 参照。 526.5～1606.5 kHz 設定困難。 【理由】 複数台設置した場合の放射妨害波がどのように干渉量として加算されるか検討が不足しているため許容値を定めることができない。一方、複数台設置の前提は、他規格への波及も大きいため、継続審議の必要がある。

	(*)　上記は、机上検討から導かれた検討結果であり、今後、実証実験等により机上検討の妥当性を検証する必要がある。 30 MHz～1 GHz 　CISPR 14-1 (Ed.5.2) の規格値を適用し、表 4.1.2-26 を許容値として適用する。

表4.1.2-24　4.1.1項参考１に示すCISPR 11 (Ed.5.1) における「表12　業務用電磁誘導加熱式調理器の磁界強度の許容値」

周波数範囲 MHz	3 mの距離での磁界強度 準尖頭値 dB (μA/m)
0.009　－　0.070	69
0.070　－ 0.1485	69　～　39 周波数の対数に対し直線的に減少
0.1485　－　4.0	39　～　3 周波数の対数に対し直線的に減少
4.0　－　30	3

　この表の許容値は、業務用及び対角線寸法1.6mを超える家庭用電磁誘導加熱式調理器に適用する。

　測定は、引用規格(3) (CISPR 16-1-4) の4.2.1節に掲げる0.6 mのループアンテナを用いて、3 mの距離で行うこと。

　アンテナは垂直に配置し、ループ部分の下端を床上1mの高さとすること。

表4.1.2-25　4.1.1項参考１に示すCISPR 11 (Ed.5.1) における「表13　家庭用電磁誘導加熱式調理器の磁界により２mループアンテナに誘起される電流の許容値」

周波数範囲 MHz	準尖頭値 dB (μA)	
	水平成分	垂直成分
0.009　－　0.070	88	106
0.070　－　0.1485	88　～　58	106　～　76

	周波数の対数に対し 直線的に減少	周波数の対数に対し 直線的に減少
0.1485　　－　30	58　～　22 周波数の対数に対し 直線的に減少	76　～　40 周波数の対数に対し 直線的に減少
この表の許容値は対角線の寸法が1.6 m未満の家庭用電磁誘導加熱式調理器に適用する。 測定は、引用規格(4)（CISPR 16-2-3）の7.6節に掲げる２mループアンテナシステムを用いて行うこと。		

表 4.1.2-26　30 MHz～1,000 MHz の周波数帯の放射妨害波の許容値及び試験方法

試験方法	規格	周波数帯 MHz	許容値 dBμV/m 準尖頭値	備考
OATS[a] 又は SAC[b,d]	CISPR16-2-3	30 - 230 230 - 1000	30 37	測定距離 10m
		300 - 1000	37	
FAR[e]	CISPR16-2-3	30 - 230 230 - 1000	42 - 35[f] 42	測定距離 3m
TEM 導波管[c] (TEM セル)	JISC61000-4-20	30 - 230 230 - 1000	30 37	-
注：周波数の境界では低い方の許容値を適用する。				
a　OATS = 屋外試験場、オープンサイト b　SAC = 半電波無響室、5 面電波暗室 c　TEM 導波管の適用は、取り付けるケーブルがなく、最大寸法が JISC61000-4-20 の 6.1 項に従う機器に限定 する。(測定周波数 1 GHｚにおける最大の筐体寸法は 1 波長、すなわち 1 GHｚにおいて 300mm) d　測定は 3m まで接近して行ってもよい。適合性決定の際は、測定データを所定の距離に正規化するため、 1/10 につき 20dB の反比例係数を用いること。 e　FAR = 全電波無響室、6 面電波暗室 床置き型を含むすべての装置は、CISPR16-2-3 の図 6 に規定された試験容積内で測定すること。 f　許容値は、周波数の対数に従って直線的に減少する。				

(4)　家電機器用③

家電機器用 WPT システム③については、CISPR 11（Ed.5.1）グループ２の規格値を適用することを基本とし、CISPR 32 の規格値を適用することが適当なものについては、CISPR 32 の規格値を適用することとする。

周波数共用検討の結果や国際的な動向を勘案し、許容値については、以下のとおりとすることが適当である。

①利用周波数

表 4.1.2-27　利用周波数（家電機器用③）

検討対象周波数（参考）	候補周波数
425-524 kHz	425-471 kHz 480-489 kHz 491-494 kHz 506-517 kHz 519-524 kHz (*)周波数共用検討の結果を受け、以下の被干渉側システムと重複する周波数を目標値から除外した。 ・NAVTEX 用周波数（490 kHz、518 kHz） ・アマチュア無線（472-479 kHz） ・NAVDAT（495-505 kHz）

②利用周波数における漏えい電磁界強度

表 4.1.2-28　利用周波数における漏えい電磁界強度（家電機器用③）

目標値（参考）	許容値
40dBμV/m @30m -11.5dBμA/m @30m	4.1.1 項参考１に示す一部答申中、表９の D=10m の許容値又は表１１の許容値を基本として、上述の表 4.1.2-6 の値又は表 4.1.2-7 を距離 10m に換算した値を適用する。

③伝導妨害波の許容値

4.1.2（2）　家電機器用①の③に同じ

④放射妨害波の許容値

表 4.1.2-29　放射妨害波の許容値（家電機器用③）

目標値（参考）	許容値
9 kHz～30MHz 40dBμV/m @30m -11.5dBμA/m @30m ただし、 526.5～1606.5 kHz 29.5dBμV/m @30m -22.0dBμA/m @30m	150 kHz～30 MHz 4.1.1 項参考１に示す一部答申中、表９の D=10m の許容値又は表１１の許容値を基本として、上述の表 4.1.2-6 の値又は表 4.1.2-7 を距離 10m に換算した値を許容値として適用する。 ただし、526.5 kHz から 1606.5 kHz までの周波数においては、 -2.0 dBμA/m @10m（準尖頭値）。 30 MHz～1 GHz 4.1.1 項参考１に示す一部答申中、表９又は表１１の D=10m の許容値を基本として、上述の表 4.1.2-6 又は表 4.1.2-7 の D=10m の許容値を適用する。 CISPR 32 (Ed.1.0)の規格値を適用することが適当な場合には、上述の表 4.1.2-16 又は表 4.1.2-17 を許容値として適用する。 1GHz～6GHz CISPR 32 (Ed.1.0)の規格値を適用することが適当な場合は、上述の表 4.1.2-18 又は表 4.1.2-19 を許容値として適用する。

4.2　測定法

4.2.1　測定法設定に当たっての考え方

WPT システムの測定法を規定するに当たって参考としたのは、下記の規格である。このうち、技術基準の国際整合を基本とする方針から、②をベースにとりまとめ、製品に特有な部分は③を引用し、更に一部国際規格がカバーしていない範囲に関して①の現行基準を援用する方針とした。

① 電波法における通信設備以外の高周波利用設備に関する技術基準

② 国際的な妨害波の許容値・測定法として確立されている以下の CISPR の関係規格

・工業・科学・医療用機器の妨害波測定に関する CISPR11、

・家電機器の妨害波測定に関する CISPR14-1、

・基本測定法及び測定設備を規定する CISPR16 シリーズ、そして

・情報マルチメディア装置の妨害波測定に関する CISPR32

③　電気自動車の WPT 充電器に関する国際的な製品規格 IEC 61980-1 の案（CDV）

WPT システムがどのようなカテゴリーで規制対象と扱われるべきかについては、現時点で国際的に統一された見解がないが、CISPR では、欧州諸国の合意を背景に、CISPR11 規格のうちのグループ２装置として扱うことが提案されており、ほぼその方向で具体化が検討されることになっている。このことから、CISPR11 グループ２の測定法（平成 26 年 3 月 25 日、情報通信審議会一部答申「工業、科学及び医療用装置からの妨害波の許容値及び測定法」）をベースとした。なお、CISPR では製品群別規格で規定する個々の測定法に共通する基本的な測定法及び測定設備を CISPR16 シリーズとして規定し、各製品群規格が必要に応じこれを引用する編集となっていることから、CISPR11 には必ずしも詳細が規定されていない測定法や測定設備、試験場などに関しては CISPR16 の関係規格を引用した。また、家電機器に関しては CISPR14-1 を、情報マルチメディア装置に関しては CISPR22 が 2017 年 3 月に廃止される予定であることから CISPR32 をそれぞれ参照することとした。また、IEC 国際標準手続き中であるが電気自動車の WPT 充電器に関する IEC 61980-1 規格案も測定法の記述について必要に応じて参照した。

また、作業班の審議中に実施した試作装置を使った妨害波強度実測調査における経験を生かして、参照した国際規格の規定に選択肢がある場合、より現実的な測定法を選択した。

なお、測定に当たっての具体的な測定設備や測定手順については付録 B 及び C に記載している。

4.2.2　伝導妨害波の測定(電気自動車用 WPT システム、家電機器用 WPT システム)

(1) 電気自動車用 WPT システム

(ア)測定用サイト

伝導妨害波の測定は、シールドルーム内で行うほか、CISPR11 の規定に従い放射妨害波試験場、及び供試装置の外郭より少なくとも 0.5 m 広がっている金属大地面上にて実施することも可能とした。

(イ)測定設備及び配置

測定には、CISPR16-1-2 に規定される擬似電源回路網を使用する。擬似電源回路網は 9kHz から 30MHz の周波数範囲にわたり校正を施さなければならない。また、電気自動車用 WPT システムに対応するため、十分な電流容量があることも留意する。

送電装置が、一次コイル部と電源及び制御を行う部分とに分離されて専用ケーブルで接続される構造の場合には、太いケーブルの処理は、CISPR の基準通りに実行できなくともやむを得ないとした。

(2) 家電機器用 WPT システム

(ア)測定用サイト

伝導妨害波の測定は、シールドルーム内で行う。

(イ)測定設備及び配置

測定には CISPR16-1-2 に規定される擬似電源回路網を使用する。擬似電源回路網は 9kHz から 30MHz の周波数範囲にわたり校正を施さなければならない。

被試験装置の配置は、CISPR16-2-1、CISPR14-1 及び CISPR32 に準じることが適当である。

4.2.3 放射妨害波の測定(電気自動車用、家電機器用)

(1) 電気自動車用 WPT システム

(ア)測定用サイト

測定には 10ｍの測定距離が確保できる以上の規模の５面電波暗室を使用すること。

なお、一般に電波無響室は 30MHz 未満の波長の長い周波数域においては、無響室の機能を保つことは困難で、金属箱（シールドルーム）の状態になる。このため、床に加え、壁面、天井での反射があり、部屋の形状により固有の共振周波数を持つなど、利用において注意が必要である。疑義がある場合には、30MHz 未満の基本周波数及び不要発射の強度測定に関しては、オープンテストサイトにおいて測定した値を参照値と考えるべきである。

(イ)測定設備及び配置

車体の電磁効果を模擬した何らかの固定治具を使用する必要があるため、IEC 61980-1 規格案に例示された模擬車両（Informative）を使用することを想定した。ただし、当該規格案のうちEMC関連規格は、今後CISPR/SC-Bにおいて評価が行われることになっており、模擬車両の規格が確定していない。そのため、測定法には模擬車両の具体的な仕様は記述しないこととした。この模擬車両の扱いについては、今後の国際動向を踏まえ、見直しが必要である。

被試験装置は、床置きの送電装置と、模擬車両下部に取りつけた受電装置、更に電池を置換した模擬負荷があるため、全体の規模が大きくなる。これらを電波無響室のターンテーブル上に納めることは困難な場合がある。このような場合、あらかじめ想定される水平面内の最大放射方向に 10m 離隔した測定アンテナがくるように設置する。なお、送電装置が電源部と１次コイル部とが分離してケーブルで接続される構成の場合、太いケーブルの処理は CISPR の基準通りに実行することは困難であるが、やむを得ないものとする。

なお、装置を金属大地面に直接置くのではなく、絶縁性の薄い台に置くこととなるが、これを物流で使う樹脂製等のパレット（T11（1100×1100×144mm）等）にて代用し作業効率を高めることを許容する。

(2) 家電機器用WPTシステム

(ア)測定用サイト

測定には10 mの測定距離が確保できる以上の規模の5面電波暗室を使用すべきである。

なお、一般に電波無響室は 30MHz 未満の波長の長い周波数域においては、無響室の機能を保つことは困難で、金属箱（シールドルーム）の状態になる。このため、床に加え、壁面、天井での反射により、部屋の形状により固有の共振周波数を持つなど、利用において注意が必要である。疑義ある場合、30MHz未満の基本周波数及び不要発射の強度測定に関しては、オープンテストサイトにおいて測定した値を参照値と考えるべきである。

(イ)測定設備及び配置

CISPR11の記述に加え、CISPR16-1-4、CISPR16-2-1、 CISPR16-2-3、CISPR14-1及びCISPR32に準拠することとした。

第５章　電波防護指針への適合性

本章本章では、ワイヤレス電力伝送システムの電波防護指針への適合性確認を行うための評価方法について述べる。

5.1　電波防護指針等への適合確認について

電波が人体に与える影響については、これまで50年以上にわたって様々な研究がなされており、国際的な合意を得ている項目が数多くある。我が国では、これらの研究結果に基づき、電波のエネルギーが人体に好ましくない影響を及ぼさないよう、指針となる電波のエネルギー量等に関して、電波防護のための指針（電気通信技術審議会答申「電波利用における人体の防護指針」（平成2年6月）及び「電波利用における人体防護の在り方」（平成9年4月）並びに情報通信審議会答申「局所吸収指針の在り方」（平成23年5 月））を策定している。これらに基づき、ワイヤレス電力伝送システムの運用形態に応じて、電波防護のための指針（以下、「防護指針」。）に適合する必要がある。

なお、防護指針の値は、十分な安全率を考慮した人体防護を前提としたものであることから、防護指針値を超えたからといってそれだけで人体に影響があるものではないことに注意が必要である。また、防護指針は、現時点において専門家が共通の認識に達している事項に基づいて記述されており、暫定的な性格も有している。したがって、今後、この分野における調査研究が進展し、科学的に裏付けされた根拠や新しい考え方が示された場合には、電波利用の状況や諸外国の状況等に応じて、防護指針の内容が改定される可能性があることにも留意する必要がある。

無線設備の防護指針への適合性評価方法に関しては、主に固定無線設備を対象に平成１０年１１月に電気通信技術審議会から、「電波防護指針への適合性を確認するための電波の強度の測定方法及び算出方法」が答申され、また、携帯無線端末を対象に平成１２年１１月に電気通信技術審議会から、「携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法」が一部答申され、その後平成１８年１月、平成２３年１０月に改定されている。そして今般、ワイヤレス電力伝送システムの利用が広く普及する見込みであることから、本報告書において、ワイヤレス電力伝送システムからの電波への人体ばく露における防護指針への適合性の評価方法をとりまとめている。

なお、本報告書で示した適合性評価方法とは異なる方法については、適正な工学的技術に基づいたものであれば、必ずしもその適用を排除するものではない。また、本評価方法は現時点で利用可能な知見に基づいて策定されているが、必ずしも十分に検証されているものではない。そのため、今後の検討や技術の進展や諸外国の状況等に応じて見直しを行うことが望ましい。

5.1.1　対象

本評価の対象とするワイヤレス電力伝送システムは、高周波利用設備の各種設備に

位置づけられているもののうち、50 W を超える電力を使用するシステムとする。ただし、50 W 以下の電力を使用するワイヤレス電力伝送システムについても、本評価で示した適用すべきガイドライン及び適合性評価方法を適用することは可能である。

また、本評価では、個別のワイヤレス電力伝送システムからの電力伝送に用いる電波への人体ばく露に対する防護指針への適合性確認を評価するものであり、複数のワイヤレス電力伝送システム又はその他の電波放射源からの電波が重複された場合の防護指針への適合性評価は対象としない。

さらに、本評価においては、電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムで充電中の車内の人体における電磁界へのばく露に関しては対象としていない。

5.1.2　ワイヤレス電力伝送に対する電波防護指針の適用

適用する防護指針値は、一般環境（条件Ｇ）の管理指針（電磁界強度指針、補助指針及び局所吸収指針）とする。ただし、局所吸収指針が適用されない 10 kHz から 100 kHz の周波数領域において、人体がワイヤレス電力伝送システムから 20 cm 以内に近接する場合には基礎指針を適用する。なお、基礎指針には一般環境と職業環境（条件Ｐ）の区別がないため、基礎指針を適用する場合には管理指針で適用されている電力で 1/5（電磁界強度や電流密度では $1/\sqrt{5}$）の安全率を考慮した値を適用する。

表　一般環境に相当する安全率を考慮した基礎指針値

⑴　全身平均 SAR の任意の 6 分間平均値が、0.08 W/kg 以下であること。

⑵　10 kHz から 100 kHz までの周波数では、組織内の誘導電流密度が $0.16\text{x}10^{-4}f[\text{Hz}]$ mA/cm^2 以下であること。

⑶　10 kHz から 100 kHz までの周波数では、接触電流などの体外からの流入電流が $4.5^{-4}f[\text{Hz}]$mA 以下（平均時間＜1 秒間）であること。また、100 kHz から 100 MHz までの周波数では、45 mA 以下（平均時間 6 分間）であること。

⑷　上記の⑴、⑵及び⑶に加え、次の点に関して注意事項として考慮すること。

(a) 全身平均 SAR の任意の 6 分間平均値が 0.08 W/kg 以下であっても、任意の組織 1g 当りの SAR（6 分間平均値）が 1.6 W/kg（体表と四肢では 5 W/kg）を超えないことが望ましい。

(b) 3 GHz 以上の周波数においては、眼への入射電力密度（6 分間平均）が 2 mW/cm^2 以下とすること。

5.1.3　その他留意事項

ワイヤレス電力伝送システムが生活圏に設置され、利用者が電波波源に近接して使用する場合が多いことに鑑み、次の事項についても配慮することが必要である。

・　ペースメーカー等の体内植込み医療機器装着者がワイヤレス電力伝送システムを利用する場合は、担当医師の指示に従い、適切に評価・防護することが必要で

ある。防護指針はペースメーカー等の体内植込み医療機器装着者を対象とはしておらず、防護指針に適合していてもペースメーカー等の体内植込み医療機器に影響を与える可能性があることに留意すること。

・ 金属を身につけている場合や体内に金属を埋め込んでいる場合は、指針値以下の電磁界でも予想外の局所的な発熱などを引き起こす可能性があり、注意が必要である。

5.2　ワイヤレス電力伝送システムに適用すべき指針値

ワイヤレス電力伝送システムに適用すべき指針値は、当該装置から発生する電波の特性、設置状態・使用条件等によって異なる。適用すべき指針値の基本的な考えを下記に示す。

□全ての周波数領域において、熱作用に基づく指針値（平均時間6分間）を適用する。

□前項に加えて、10 kHz から 100 kHz までの周波数領域においては、刺激作用に基づく指針値（平均時間1秒未満）を適用する。

□人体が電波放射源及び金属体から 20 cm 以上離れている場合には、不均一又は局所的なばく露に関する補助指針を適用できる。

□人体が電波放射源及び金属体から 20 cm 未満に近づく場合には、電磁界強度指針を入射電磁界強度の最大値に適用する、又は局所吸収指針（ただし、100 kHz 未満は基礎指針値に一般環境相当の安全率を考慮した値）を適用する。なお、電磁界強度指針を入射電磁界強度の最大値に適用するためには、電波放射源から 20 cm 未満の領域の入射電磁界を電磁界プローブで正確に測定できることが必要である。

□電界と磁界が 377Ω の関係にない近傍界ばく露条件では、電界と磁界のそれぞれの寄与による人体ばく露量（誘導電流密度や局所 SAR）のピーク位置が同一場所にならない場合には、電界と磁界のそれぞれについて指針値を超えないことを確認する。

ただし、電界と磁界のいずれかの影響が他方に比べて十分に小さい場合には、支配的な界についてのみ評価を行うことができる。その場合、評価を要しない電界又は磁界の影響を適合性評価における不確かさに含むこと。

□適用すべき指針値の平均時間にわたり電界強度又は磁界強度が変動する場合には、平均時間内で実効値の自乗平均平方根した値を指針値と比較する。

□電磁界が指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合には、各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求め、その総和が1を超えないことを確認する。

□接触ハザードが防止されていない場合には、電磁界強度指針の接触ハザードが防止されていない場合についての注意事項（注１）を適用する、又は接触電流に関する補助指針を適用する。

□3 MHz 以上の周波数領域で非接地条件が満たされない場合には、電磁界強度指針の非

接地条件が満たされない場合についての注意事項（注２）を適用する、又は誘導電流に関する補助指針を適用する。

□電磁界強度指針は、最悪のばく露条件を想定しているため、当該指針を超過していても直ちに防護指針に適合していないとはならない。そのため、電磁界強度指針を満足していなくとも、防護指針の根拠となる基礎指針により即している局所吸収指針（100 kHz 未満においては基礎指針に一般環境に相当する安全率を考慮した値（5.1.2 節参照)）を適用することで、防護指針への適合性を直接確認することができる。

□電界の影響が磁界の影響に比べて十分に小さく、かつ全身平均 SAR の適合性評価を行わなくとも誘導電流密度又は局所 SAR の適合性評価をもって安全性が確認できる場合には、磁界強度に対して、国際規格 IEC 62311 で規定されている結合係数を用いた評価を行うことにより、誘導電流密度又は局所 SAR に関する局所吸収指針（100 kHz 未満においては基礎指針に一般環境に相当する安全率を考慮した値（5.1.2 節参照)）への適合性を確認することができる。

次節以降において、各ワイヤレス電力伝送システムに適用すべき指針値を示す。なお、各ワイヤレス電力伝送システムで想定している電波の特性や設置・使用条件を逸脱する場合には、上記の基本的な考えに基づき、適切な指針値を適用する必要がある。

5.2.1　電気自動車用ワイヤレス電力伝送システム

100 kHz 未満の電波を利用するシステムと 100 kHz 以上の電波を利用するシステムに二分される。これらのシステムでは適用すべき指針値が異なるため、5.2.1.1 及び 5.2.1.2 において、それぞれの周波数領域の電波を利用するシステムについて適用すべき指針値を示す。

電気自動車用ワイヤレス電力伝送システム周辺の電界と磁界は 377Ω の関係にない近傍界ばく露条件となるため、電界と磁界のそれぞれについて指針値への適合性を確認する必要がある。ただし、電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムにおいては、外部電界による全身平均 SAR・局所 SAR・誘導電流密度に関する寄与が外部磁界に対して十分に小さいため、電磁界強度指針の表中の電界強度に関する適合性評価を行わなくとも、磁界強度のみに関する適合性評価をもって安全性を確認できる。ただし、接触電流に関する電磁界強度指針の注意事項（注１）を適用する場合には、電界強度による評価が必要である。

電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムは、駐車場等に設置された送信コイルから駐車している車両に搭載された受信コイルに電力を伝送する。このため、送受信コイルは地面及び車両下部に設置されており、通常の使用状態では、電力伝送時には送

受信コイルの 20 cm 以内に人体が近接することはない。また、充電中の車体（金属体）から 20 cm 以内の場所に人体が長時間にわたり立ち入ることは想定されていない。さらに、数値計算による検討より、20 cm の距離での磁界強度空間平均値を磁界強度指針値と比較した場合に算出される最大許容電力が体内誘導電流密度を基礎指針値と比較した場合に算出される最大許容電力よりも十分に小さいことを確認している。すなわち 20 cm の距離での磁界強度空間平均値は十分に安全側の評価を与えることを確認している。したがって、電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムに対しては、不均一又は局所ばく露に関する補助指針を適用することができる。なお、充電中の車内に乗車するような状況は本評価手順の対象外であり、当該自動車の安全設備の範疇で対処されなくてはならない。

電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムは、充電場所である駐車場周辺で、隣接する車両等の非接地の金属体等が存在する可能性があり、接触ハザードが防止されているとはいえない。そのため、電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムに対しては接触ハザードが防止されていない場合に適用される電磁界強度指針の注意事項（注 1）又は接触電流に関する補助指針を適用する必要がある。

電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムで利用される電波の周波数は 3 MHz 未満であるため、非接地条件が満たされない場合の電磁界強度の注意事項（注２）や誘導電流に関する補助指針を適用する必要はない。

電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムからの電波が、各指針値の平均時間内で変動する場合は、電磁界強度指針の注意事項（注３）を適用する。

電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムでは、単一の周波数を電力伝送に利用しているが、当該周波数以外にも高調波成分が発生する可能性があることから、当該周波数以外に指針値に対して無視できない複数の周波数が存在する場合には、電磁界強度指針の注意事項（注４）を適用する。

電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムは地面付近に設置されているため、人体ばく露量（誘導電流密度や局所 SAR）のピークは下肢付近に現れる。したがって、局所吸収指針(100 kHz 未満では､基礎指針に一般環境に相当する安全率を考慮した値(5.1.3 節)) を適用する場合には、四肢における指針値を適用する。

5.2.1.1　100 kHz 未満の電波を利用する電気自動車用ワイヤレス電力伝送システム

100 kHz 未満の電波を利用する電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムに関しては、熱作用に基づく指針値に加えて、刺激作用に基づく指針値を適用する必要がある。

ただし、100 kHz 未満の電波を利用する電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムに関しては、刺激作用に基づく誘導電流密度に関する指針値を満足する場合、熱作用のうち全身平均 SAR 及び局所 SAR に基づく指針値を満足することが確認されてい

るため、適用すべき指針値は刺激作用に基づく誘導電流密度に関する指針値と接触ハザードが防止されていない場合の接触電流に関する指針値になる。

(1) 電磁界強度指針及び補助指針

電磁界強度指針の表 3（b）の磁界強度に関する指針値への適合性を確認する。さらに、電磁界強度指針の表 3 の接触ハザードが防止されていない場合の注意事項（注 1）への適合性を確認する。

ワイヤレス電力伝送システム周辺の磁界強度の最大値が表 3(b)の磁界強度に関する指針値を超えている場合、不均一ばく露に関する補助指針を適用できる。

ワイヤレス電力伝送システム周辺の電界強度の最大値が表 3 の注 1 を超えている場合、不均一ばく露に関する補助指針を適用できる。さらに、ワイヤレス電力伝送システム周辺の電界強度の最大値が表 3 の注 1 を超えている場合、又は表 3 の注 1 に関する不均一ばく露に関する補助指針を満足しない場合であっても、接触電流に関する補助指針を適用できる。

(2) 基礎指針

一般環境に相当する安全率を考慮した値（5.1.2 節）を対象とする。

誘導電流密度に関する基礎指針（２）を満足する場合、電磁界強度指針の表 3(b)の評価は必要ない。また、外部磁界に対して結合係数を用いた評価を行うことで、誘導電流密度に関する基礎指針（２）への適合性を確認することができる。

接触電流に関する基礎指針（３）は接触電流に関する補助指針と同じであるため、当該基礎指針値を適用する必要はない。

5.2.1.2 100 kHz 以上の電波を利用する電気自動車用ワイヤレス電力伝送システム

100 kHz 以上の電波を利用する電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムに関しては、熱作用に基づく指針値のみを適用し、刺激作用に基づく指針値は適用しない。

ただし、100 kHz 以上の電波を利用する電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムに関しては、局所 SAR に基づく指針値が満足される場合でも、必ずしも全身平均 SAR に関する指針値を満足するとはいえないため、適用すべき指針値は全身平均 SAR 及び局所 SAR に関する指針値と接触ハザードが防止されていない場合の接触電流に関する指針値になる。

(1) 電磁界強度指針及び補助指針

電磁界強度指針の表 3（a）の磁界強度に関する指針値への適合性を確認する。さらに、電磁界強度指針の表 3 の接触ハザードが防止されていない場合の注意事項（注 1）への適合性を確認する。

ワイヤレス電力伝送システム周辺の磁界強度の最大値が表 3(a)の磁界強度に関する指針値を超えている場合、不均一ばく露に関する補助指針を適用できる。

ワイヤレス電力伝送システム周辺の電界強度の最大値が表 3 の注 1 を超えている場合は、不均一ばく露に関する補助指針を適用できる。さらに、ワイヤレス電力伝送システム周辺の電界強度の最大値が表 3 の注 1 を超えている場合、又は表 3 の注 1 に関する不均一ばく露に関する補助指針を満足しない場合であっても、接触電流に関する補助指針を適用できる。

(2) 局所吸収指針

四肢における局所 SAR の指針値を満足する場合は、電磁界強度指針の表 3(a)の評価は必要ない。なお、100 kHz 未満の電波を利用する電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムとは異なり、結合係数を用いた評価は適用できない。

接触電流に関する局所吸収指針は、接触電流に関する補助指針と同じであるため、当該局所吸収指針値を適用する必要はない。

5.2.2 家電機器用ワイヤレス電力伝送システム①

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム①は、100 kHz 以上の周波数の電波を利用しているため、熱作用に基づく指針値のみを適用し、刺激作用に基づく指針値の評価は必要ない。

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム①周辺の電界と磁界は 377Ωの関係にない近傍界ばく露条件となるため、電界と磁界のそれぞれについて指針値への適合性を確認する必要がある。

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム①は、主に屋内でのモバイル端末への充電に使用され、場合によっては充電中のノートＰＣ等を使用者等が利用する可能性もある。したがって、家電機器用ワイヤレス電力伝送システム①に対しては、人体が 20 cm 未満に近接する可能性があることから、不均一又は局所ばく露に関する補助指針を適用できない。

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム①の充電場所である屋内には、隣接する什器等の非接地の金属体等が存在する可能性があり、接触ハザードが防止されているとはいえない。そのため、家電機器用ワイヤレス電力伝送システム①に対しては、接触ハザードが防止されていない場合に適用される電磁界強度指針の注意事項（注 1）又は接触電流に関する補助指針を適用する必要がある。

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム①は屋内で利用されるため、非接地条件は満足されているとみなせる。したがって、非接地条件が満たされない場合の電磁界強度の注意事項（注２）や誘導電流に関する補助指針を適用する必要はない。

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム①からの電波が、各指針値の平均時間内に変動する場合、電磁界強度指針の注意事項（注３）を適用する必要はない。

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム①では、単一の周波数を電力伝送に利用しているが、高調波成分も発生する可能性があることから、当該周波数以外に指針値に対して無視できない複数の周波数が存在する場合には、電磁界強度指針の注意事項（注４）を適用する。

前述したとおり、家電機器用ワイヤレス電力伝送システム①は屋内の様々な場所に設置されているため、人体ばく露量（局所 SAR）のピークは人体の任意の部位に現れる。したがって、局所吸収指針を適用する場合には、より安全側の評価となる四肢以外の任意の組織における指針値を適用する。

(1) 電磁界強度指針及び補助指針

電磁界強度指針の表 3（a）の磁界強度に関する指針値への適合性を確認する。さらに、電磁界強度指針の表 3 の接触ハザードが防止されていない場合の注意事項（注 1）への適合性を確認する。

ワイヤレス電力伝送システム周辺の電界強度の最大値が表 3 の注 1 を超えている場合、接触電流に関する補助指針を適用できる。ただし、接触電流に関する補助指針を適用する場合は、電磁界強度指針の表 3（a）の電界強度に関する指針値への適合性を確認する必要がある。

(2) 局所吸収指針

全身平均 SAR の指針値及び四肢以外の任意の組織における局所 SAR の指針値を満足する場合、電磁界強度指針の表 3(a)の評価は必要ない。

接触電流に関する局所吸収指針は接触電流に関する補助指針と同じであるため、当該局所吸収指針値を適用する必要はない。

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム①では、小児の全身平均 SAR 及び局所 SAR が成人よりも大きくなる可能性がある。したがって、局所吸収指針による適合性評価を行う際には小児の SAR を考慮すること。

5.2.3 家電機器用ワイヤレス電力伝送システム②

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム②は、100 kHz 未満の周波数の電波を利用しているため、熱作用に基づく指針値とともに刺激作用に基づく指針値を適用する。ただし、家電機器用ワイヤレス電力伝送システム②に関しては、刺激作用に基づく誘導電流密度に関する指針値を満足する場合、熱作用のうち全身平均 SAR 及び局所 SAR に基づく指針値を満足することが確認されているため、適用すべき指針値は刺激作用に基づく誘導電流密度に関する指針値と接触ハザードが防止されていない場合の接触電

流に関する指針値になる。

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム②周辺の電界と磁界は、377Ωの関係にない近傍界ばく露条件となるため、電界と磁界のそれぞれについて指針値への適合性を確認する必要がある。ただし、家電機器用ワイヤレス電力伝送システム②においては、外部電界による全身平均SAR・局所SAR・誘導電流密度に関する寄与が外部磁界に対して十分に小さいため、電磁界強度指針の表中の電界強度に関する適合性評価を行わなくとも、磁界強度のみに関する適合性評価をもって安全性を確認できる。ただし、接触電流に関する電磁界強度指針の注意事項（注１）を適用する場合には、電界強度による評価が必要である。

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム②は、主に屋内での家電機器への充電に使用され、場合によっては充電中の家電機器を所有者等が利用する可能性もある。したがって、家電機器用ワイヤレス電力伝送システム②に対しては、人体が 20 cm 未満に近接する可能性があることから、不均一又は局所ばく露に関する補助指針を適用できない。

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム②は、充電場所である屋内で、隣接する什器等の非接地の金属体等が存在する可能性があり、接触ハザードが防止されているとはいえない。そのため、家電機器用ワイヤレス電力伝送システム②に対しては接触ハザードが防止されていない場合に適用される電磁界強度指針の注意事項（注 1）又は接触電流に関する補助指針を適用する必要がある。

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム②で利用される電波の周波数は 3 MHz 未満であるため、非接地条件が満たされない場合の電磁界強度の注意事項（注 2）や誘導電流に関する補助指針を適用する必要はない。

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム②からの電波が、各指針値の平均時間内に変動する場合、電磁界強度指針の注意事項（注 3）を適用する。

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム②では、単一の周波数を電力伝送に利用しているが、高調波が発生する可能性があることから、当該周波数以外に指針値に対して無視できない複数の周波数が存在する場合には、電磁界強度指針の注意事項（注 4）を適用する。

(1) 電磁界強度指針及び補助指針

電磁界強度指針の表 3（b）の磁界強度に関する指針値への適合性を確認する。さらに、電磁界強度指針の表 3 の接触ハザードが防止されていない場合の注意事項（注 1）への適合性を確認する。

ワイヤレス電力伝送システム周辺の電界強度の最大値が表 3 の注 1 を超えている場合、接触電流に関する補助指針を適用できる。

(2) 基礎指針

一般環境に相当する安全率を考慮した値（5.1.2 節）を対象とする。

誘導電流密度に関する基礎指針（２）を満足する場合、電磁界強度指針の表 3(b)の評価は必要ない。

接触電流に関する基礎指針（３）は、接触電流に関する補助指針と同じであるため、当該基礎指針値を適用する必要はない。

5.2.4 家電機器用ワイヤレス電力伝送システム③

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム③は、100 kHz 以上の周波数の電波を利用しているため、熱作用に基づく指針値のみを適用し、刺激作用に基づく指針値の評価は必要ない。

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム③周辺の電界と磁界は 377Ωの関係にない近傍界ばく露条件となるため、電界と磁界のそれぞれについて指針値への適合性を確認する必要がある。

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム③は、主に屋内でのモバイル端末への充電に使用され、場合によっては充電中のノートＰＣ等を所有者等が利用する可能性もある。したがって、家電機器用ワイヤレス電力伝送システム③に対しては、人体が 20 ㎝未満に近接する可能性があることから、不均一又は局所ばく露に関する補助指針を適用できない。

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム③は、充電場所である屋内で、隣接する什器等の非接地の金属体等が存在する可能性があり、接触ハザードが防止されているとはいえない。そのため、家電機器用ワイヤレス電力伝送システム③に対しては接触ハザードが防止されていない場合に適用される電磁界強度指針の注意事項（注１）又は接触電流に関する補助指針を適用する必要がある。

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム③で利用される電波の周波数は 3 MHz 未満であるため、非接地条件が満たされない場合の電磁界強度の注意事項（注２）や誘導電流に関する補助指針を適用する必要はない

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム③からの電波が、各指針値の平均時間内に変動する場合、電磁界強度指針の注意事項（注３）を適用する。

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム③では、単一の周波数を電力伝送に利用しているが、高調波成分が発生する可能性があることから、当該周波数以外に指針値に対して無視できない複数の周波数が存在する場合には、電磁界強度指針の注意事項（注４）を適用する。

家電機器用ワイヤレス電力伝送システム③は、屋内の様々な場所に設置されているため、人体ばく露量（局所 SAR）のピークは人体の任意の部位に現れる。したがって、局所吸収指針を適用する場合には、より安全側の評価となる四肢以外の任意の組織に

おける指針値を適用する。

(1) 電磁界強度指針及び補助指針

電磁界強度指針の表 3（a）の電界強度及び磁界強度に関する指針値への適合性を確認する。さらに、電磁界強度指針の表 3 の接触ハザードが防止されていない場合の注意事項（注 1）への適合性を確認する。

ワイヤレス電力伝送システム周辺の電界強度の最大値が表 3 の注 1 を超えている場合、接触電流に関する補助指針を適用できる。

ただし、接触電流に関する補助指針を適用する場合は、電磁界強度指針の表 3（a）の電界強度に関する指針値への適合性を確認する必要がある。

(2) 局所吸収指針

全身平均 SAR 及び四肢以外の任意の組織における局所 SAR の指針値を満足する場合、電磁界強度指針の表 3(a)の評価は必要ない。

接触電流に関する局所吸収指針は、接触電流に関する補助指針と同じであるため、当該局所吸収指針値を適用する必要はない。

5.2.5 ワイヤレス電力伝送において適用すべき指針値のパターン

ワイヤレス電力伝送システムからの漏えい電波が人体に与える影響の評価を行う場合には、次節以降に示す適用すべき指針値のパターンのいずれかを満足すれば、電波防護指針に適合しているとみなすことができる。パターン①は最も簡便に評価できるが、人体の電波吸収量が最大となる最悪のばく露条件を想定しているため、過剰に厳しい評価となる。パターンの数字が大きくなるほど、より詳細な評価が必要になるが、より大きな電波ばく露量を許容することが可能となる。

灰色の網掛けのパターンについては、適合性評価方法が本報告書には記載されていない、又は現時点では適用するための要件（電界影響が十分に小さく、全身平均 SAR 評価を省略できる）が満足されていないことを示している。今後、これらのパターンの評価が可能となる適正な工学的技術に基づいた方法が確立された場合、又は適用可能な要件を満足するシステムに限定できる場合には、これらのパターンに対する適合性確認も可能である。

5.2.5.1　電気自動車用ワイヤレス電力伝送システム

（100 kHz 未満のシステム）

人体が接触又は近接(20cm以内)したり、人体の一部が送受電コイル間に入る可能性：なし（又は極めて低い）							
接触ハザード			接触ハザードが防止されていない				
非接地条件			対象外				
評価方法の分類			パターン①	パターン②	パターン③	パターン④	パターン⑤
適用が考えられる指針値及び根拠となるガイドライン等の組合せ	SAR	全身平均SAR					
		局所SAR					
	誘導電流密度						基礎指針 （安全率1/√5を付加）
	接触電流			接触電流に関する補助指針		接触電流に関する補助指針	接触電流に関する補助指針
	足首誘導電流						
	外部電界		電磁界強度指針注意事項1 ※1		電磁界強度指針注意事項1 ※1		
			※1：不均一ばく露に関する補助指針も適用可		※1：不均一ばく露に関する補助指針も適用可		
	外部磁界		電磁界強度指針表3(b) ※1	電磁界強度指針表3(b) ※1	結合係数による誘導電流密度評価	結合係数による誘導電流密度評価	
			※1：不均一ばく露に関する補助指針も適用可				

（100 kHz 以上のシステム）

人体が接触又は近接(20cm以内)したり、人体の一部が送受電コイル間に入る可能性：なし（又は極めて低い）						
接触ハザード			接触ハザードが防止されていない			
非接地条件			対象外			
評価方法の分類			パターン①	パターン②	パターン③	パターン④
適用が考えられる指針値及び根拠となるガイドライン等の組合せ	SAR	全身平均SAR				
		局所SAR				局所吸収指針
	誘導電流密度					
	接触電流			接触電流に関する補助指針	接触電流に関する補助指針	接触電流に関する補助指針
	足首誘導電流					
	外部電界		電磁界強度指針注意事項1 ※1			
			※1：不均一ばく露に関する補助指針も適用可			
	外部磁界		電磁界強度指針表3(a) ※1	電磁界強度指針表3(a) ※1	結合係数による局所SAR評価 ※2	
			※1：不均一ばく露に関する補助指針も適用可		※2：全身平均SARの評価が不要の場合に限る	

5.2.5.2　家電機器用ワイヤレス電力伝送システム①

<table>
<tr><td colspan="7">人体が接触又は近接(20cm以内)したり、人体の一部が送受電コイル間に入る可能性:あり</td></tr>
<tr><td colspan="3">接触ハザード</td><td colspan="4">接触ハザードが防止されていない</td></tr>
<tr><td colspan="3">非接地条件</td><td colspan="4">非接地条件が満たされている</td></tr>
<tr><td colspan="3">評価方法の分類</td><td>パターン①</td><td>パターン②</td><td>パターン③</td><td>パターン④</td></tr>
<tr><td rowspan="9">適用が考えられる指針値及び根拠となるガイドライン等の組合せ</td><td rowspan="2">SAR</td><td>全身平均SAR</td><td></td><td></td><td></td><td>局所吸収指針</td></tr>
<tr><td>局所SAR</td><td></td><td></td><td></td><td>局所吸収指針</td></tr>
<tr><td colspan="2">誘導電流密度</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">接触電流</td><td></td><td>接触電流に関する補助指針</td><td>接触電流に関する補助指針</td><td>局所吸収指針</td></tr>
<tr><td colspan="2">足首誘導電流</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">外部電界</td><td>電磁界強度指針注意事項1
※1</td><td>電磁界強度指針表3(a)
※1</td><td></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">※1:不均一ばく露に関する補助指針は適用不可</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">外部磁界</td><td>電磁界強度指針表3(a)※1</td><td>電磁界強度指針表3(a)
※1</td><td>結合係数による局所SAR評価
※2</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">※1:不均一ばく露に関する補助指針は適用不可</td><td>※2:電界強度の影響が無視でき、全身平均SARの評価が不要の場合に限る</td></tr>
</table>

5.2.5.3　家電機器用ワイヤレス電力伝送システム②

<table>
<tr><td colspan="8">人体が接触又は近接(20cm以内)したり、人体の一部が送受電コイル間に入る可能性:あり</td></tr>
<tr><td colspan="3">接触ハザード</td><td colspan="5">接触ハザードが防止されていない</td></tr>
<tr><td colspan="3">非接地条件</td><td colspan="5">対象外</td></tr>
<tr><td colspan="3">評価方法の分類</td><td>パターン①</td><td>パターン②</td><td>パターン③</td><td>パターン④</td><td>パターン⑤</td></tr>
<tr><td rowspan="9">適用が考えられる指針値及び根拠となるガイドライン等の組合せ</td><td rowspan="2">SAR</td><td>全身平均SAR</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>局所SAR</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">誘導電流密度</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>基礎指針(安全率1/√5を付加)</td></tr>
<tr><td colspan="2">接触電流</td><td></td><td>接触電流に関する補助指針</td><td></td><td>接触電流に関する補助指針</td><td>接触電流に関する補助指針</td></tr>
<tr><td colspan="2">足首誘導電流</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">外部電界</td><td>電磁界強度指針注意事項1
※1</td><td></td><td>電磁界強度指針注意事項1
※1</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">※1:不均一ばく露に関する補助指針は適用不可</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">外部磁界</td><td>電磁界強度指針表3(b)
※1</td><td>電磁界強度指針表3(b)
※1</td><td>結合係数による誘導電流密度の評価</td><td>結合係数による誘導電流密度の評価</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">※1:不均一ばく露に関する補助指針は適用不可</td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

5.2.5.4　家電機器用ワイヤレス電力伝送システム③

人体が接触又は近接(20cm以内)したり、人体の一部が送受電コイル間に入る可能性:あり					
接触ハザード			接触ハザードが防止されていない		
非接地条件			対象外		
評価方法の分類			パターン①	パターン②	パターン③
適用が考えられる指針値及び根拠となるガイドライン等の組合せ	SAR	全身平均SAR			局所吸収指針
		局所SAR			局所吸収指針
	誘導電流密度				
	接触電流			接触電流に関する補助指針※2 (※2：接触電流の測定が可能な場合に限る)	局所吸収指針
	足首誘導電流				
	外部電界		電磁界強度指針注意事項1 ※1	電磁界強度指針表3(a) ※1	
			※1：不均一ばく露に関する補助指針は適用不可		
	外部磁界		電磁界強度指針表3(a) ※1	電磁界強度指針表3(a) ※1	
			※1：不均一ばく露に関する補助指針は適用不可		

5.3　ワイヤレス電力伝送システムの適合性確認のための評価方法

ワイヤレス電力伝送システムにおいて、防護指針への適合性を評価するために必要な技術的事項等を以下に示す。なお、ここで示した評価方法とは異なる方法については、適正な工学的技術に基づいたものであれば、必ずしもその適用を排除するものではない。特に、IEC 等の国際規格に基づく適合性評価が可能な場合には、当該評価手法を利用できる。また、本節で評価方法が示されていないガイドラインのパターン（5.2.5 節の表の網掛けのパターン）についても、今後、これらのパターンの評価が可能となる適正な工学的技術に基づいた方法が確立された場合、又は適用可能な要件を満足するシステムに限定できる場合には、これらのパターンに対する適合性確認も可能である。さらに、ここで示した評価方法は、防護指針の見直し及び評価技術の進歩に対応して、適切に追加又は見直しを行う必要がある。

測定値を指針値と比較する際には、測定値に含まれる不確かさを求め、拡張不確かさが 30%を超える場合には IEC 62311 国際規格の方法に基づき、適用する指針値を補正すること。詳細は、5.5.3.1 項を参照すること。

5.3.1 電気自動車用ワイヤレス電力伝送システム

5.3.1.1 100 kHz 未満の電気自動車用ワイヤレス電力伝送システム

(1) パターン①

ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の距離におけ

る磁界強度を測定し、電磁界強度指針値の表３(b)の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は大地面から 0.5 m、1 m、1.5 m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。磁界測定に関する基本的な要件は、付録Ｅを参照すること。

次に、ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の距離における電界強度を測定し、電磁界強度指針値の表３の注 1 の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は大地面から 0.5 m、1 m、1.5 m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。電界測定に関する基本的な要件は、付録Ｄを参照すること。

(2) パターン②

ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の距離における磁界強度を測定し、電磁界強度指針値の表３(b)の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は大地面から 0.5 m、1 m、1.5 m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。磁界測定に関する基本的な要件は、付録Ｅを参照すること。

次に、ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の位置に非接地の金属板を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属板は接触電流が最大となる方向に設置すること。金属板の寸法は 1.2 m×1.2 m 以上とし、大地面から 5 cm 以上離すこと。接触電流測定に関する基本的な要件は、付録Ｆを参照すること。

(3) パターン③

ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の距離における磁界強度を測定し、測定された磁界強度の最大値に結合係数を乗じ、電磁界強度指針値の表３(b)の指針値よりも低いことを確認する。磁界測定に関する基本的な要件は付録Ｅを参照し、結合係数の求め方については付録Ｇを参照すること。

なお、電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムの結合係数については、安全側の評価となるようにマージンを考慮した 0.05（磁界プローブセンサ面積は 100 cm^2）を用いることもできる。

次に、ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の距離における電界強度を測定し、電磁界強度指針値の表３の注 1 の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は大地面から 0.5 m、1 m、1.5 m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。電界測定に関する基本的な要件は、付録Ｄを参照すること。

(4) パターン④

ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の距離における磁界強度を測定し、測定された磁界強度の最大値に結合係数を乗じ、電磁界強度指針値の表３(b)の指針値よりも低いことを確認する。磁界測定に関する基本的な要件は付録Ｅを参照し、結合係数の求め方については付録Ｇを参照すること。

なお、電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムの結合係数については、安全側の評価となるようにマージンを考慮した 0.05（磁界プローブセンサ面積は 100cm^2）を用いることもできる。

次に、ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の位置に非接地の金属板を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属板は接触電流が最大となる方向に設置すること。金属板の寸法は 1.2 m×1.2 m 以上とし、大地面から 5 cm 以上離すこと。接触電流測定に関する基本的な要件は、付録Ｆを参照すること。

5.3.1.2 100 kHz 以上の電気自動車用ワイヤレス電力伝送システム

(1) パターン①

ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の距離における磁界強度を測定し、電磁界強度指針値の表３(b)の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は大地面から 0.5 m、1 m、1.5 m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。磁界測定に関する基本的な要件は、付録Ｅを参照すること。

次に、ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の距離における電界強度を測定し、電磁界強度指針値の表３の注 1 の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は大地面から 0.5 m、1 m、1.5 m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。電界測定に関する基本的な要件は、付録Ｄを参照すること。

(2) パターン②

ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の距離における磁界強度を測定し、電磁界強度指針値の表３(b)の指針値よりも低いことを確認する。なお、不均一ばく露に関する補助指針を適用することもできる。その場合の空間平均値は大地面から 0.5 m、1 m、1.5 m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。磁界測定に関する基本的な要件は、付録Ｅを参照すること。

次に、ワイヤレス電力伝送システムにより充電している車体から 20 cm の位置に非接地の金属板を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属板は接触電流が最大となる方向に設置する

こと。金属板の寸法は 1.2 m×1.2 m 以上とし、大地面から 5 cm 以上離すこと。
接触電流測定に関する基本的な要件は、付録Ｆを参照すること。

5.3.2 家電機器用ワイヤレス電力伝送システム①

(1) パターン①

ワイヤレス電力伝送システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の磁界強度を測定し、電磁界強度指針値の表３(a)の指針値よりも低いことを確認する。磁界測定に関する基本的な要件は、付録Ｅを参照すること。

次に、ワイヤレス電力伝送システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の電界強度を測定し、電磁界強度指針値の表３の注 1 の指針値よりも低いことを確認する。電界測定に関する基本的な要件は、付録Ｄを参照すること。

(2) パターン②

ワイヤレス電力伝送システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の磁界強度を測定し、電磁界強度指針値の表３(a)の指針値よりも低いことを確認する。磁界測定に関する基本的な要件は、付録Ｅを参照すること。

次に、ワイヤレス電力伝送システム周辺に非接地の金属板を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属板の設置位置は、通常の利用状況で接触電流が最大となる位置・方向に設置すること。金属板の寸法は 1.2 m×1.2 m 以上とし、大地面から 5 cm 以上離すこと。接触電流測定に関する基本的な要件は、付録Ｆを参照すること。

5.3.3 家電機器用ワイヤレス電力伝送システム②

(1) パターン①

ワイヤレス電力伝送システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の磁界強度を測定し、電磁界強度指針値の表３(b)の指針値よりも低いことを確認する。磁界測定に関する基本的な要件は、付録Ｅを参照すること。

次に、ワイヤレス電力伝送システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の電界強度を測定し、電磁界強度指針値の表３の注 1 の指針値よりも低いことを確認する。電界測定に関する基本的な要件は、付録Ｄを参照すること。

(2) パターン②

ワイヤレス電力伝送システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の磁界強度を測定し、電磁界強度指針値の表３(b)の指針値よりも低いことを確認する。磁界測定に関する基本的な要件は、付録Ｅを参照すること。

次に、ワイヤレス電力伝送システム周辺に非接地の金属体を設置し、接触電流を

測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属板の設置位置は、通常の利用状況で接触電流が最大となる位置・方向に設置すること。金属板の寸法は 1.2 m×1.2 m 以上とし、大地面から 5 cm 以上離すこと。接触電流測定に関する基本的な要件は、付録Fを参照すること。

(3) パターン③

ワイヤレス電力伝送システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の磁界強度を測定し、測定された磁界強度の最大値に結合係数を乗じ、電磁界強度指針値の表３(b)の指針値よりも低いことを確認する。磁界測定に関する基本的な要件は付録Eを参照し、結合係数の求め方については付録Gを参照すること。

次に、ワイヤレス電力伝送システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の電界強度を測定し、電磁界強度指針値の表３の注 1 の指針値よりも低いことを確認する。電界測定に関する基本的な要件は、付録Dを参照すること。

(4) パターン④

ワイヤレス電力伝送システムに人体が最も近接する位置を含む領域の磁界強度を測定し、測定された磁界強度の最大値に結合係数を乗じ、電磁界強度指針値の表３(b)の指針値よりも低いことを確認する。磁界測定に関する基本的な要件は付録Eを参照し、結合係数の求め方については付録Gを参照すること。

次に、ワイヤレス電力伝送システム周辺に非接地の金属体を設置し、接触電流を測定し、接触電流に関する補助指針の指針値よりも低いことを確認する。金属板の設置位置は、通常の利用状況で接触電流が最大となる位置・方向に設置すること。金属板の寸法は 1.2 m×1.2 m 以上とし、大地面から 5 cm 以上離すこと。接触電流測定に関する基本的な要件は、付録Fを参照すること。

5.3.4 家電機器用ワイヤレス電力伝送システム③

(1) パターン①

ワイヤレス電力伝送システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の磁界強度を測定し、電磁界強度指針値の表３(a)の指針値よりも低いことを確認する。磁界測定に関する基本的な要件は、付録Eを参照すること。

次に、ワイヤレス電力伝送システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の電界強度を測定し、電磁界強度指針値の表３の注 1 の指針値よりも低いことを確認する。電界測定に関する基本的な要件は、付録Dを参照すること。

5.4　安全装置のあり方

電磁波源が電磁環境の発生源であることから、電磁波源側で人体を電磁界から護る対策を講ずる必要がある。対策の構成としては、電磁波源等をハード面及びソフト面の２つの側面から捉え、その効果を最大限発揮できるような対策を適用する必要がある。

（ハード面の対策）

・利用状態において一定範囲に人が立ち入れないような状態にする。
・受電コイル（家電機器用 WPT③については受電電極）が存在しない場合に送電を開始しない。
・送電及び受電コイル（家電機器用 WPT③については送電及び受電電極）の間に人体が入った場合に送電を停止する。
・機器の異常状態を感知し送電を停止する。

等の方法がある。

（ソフト面の対策）

・ワイヤレス電力伝送システムから放射される電波の強さに関する情報提供を行う。
・安全管理マニュアルや機器の操作説明等において、防護に関して必要な情報を明示する。

等の方法がある。

5.5　諸外国の現状

5.5.1 各国の規制について

5.5.1.1 FCC

米国連邦通信委員会（Federal Communications Commission；FCC）では、1996 年に、電磁界への人体ばく露露許容値が設定されている。当時の IEEE C95.1 ガイドラインの局所 SAR 指針値（1-g 平均 SAR が 1.6 W/kg 以下）は、現在も採用されており、我が国や欧州で採用されている ICNIRP ガイドラインの局所 SAR 指針値(10-g 平均 SAR が 2 W/kg 以下）とは異なっている。

ばく露許容値と評価手順は、FCC Office of Engineering & Technology（OET）Bulletine No.65 に記載されている。なお、FCC は 2013 年 11 月に大幅な規則改正を実施するとともに更なる規則改正案のパブコメ（ET Docket No. 03-137）を実施している。その際に SAR 測定方法を定めていた OET Bulletine No.65 Supplement C は絶版となり、今後は、携帯無線通信技術の進歩に即応するために、Knowledge Data Base（KDB）文書で規定することとなっている。

FCC 規制の枠組みでは、ワイヤレス電力伝送システムについては Part 15（無線機器）及び Part 18（ISM 機器）が適用される。特に小電力ワイヤレス電力伝送システムにつ

いてはKDB680106により評価手順が示されており、下記の要件に全て合致するものは、電磁界ばく露量評価が免除されている。

□電力伝送の周波数が1MHz以下であること。

□送受それぞれの主コイルの出力が5W以下であること。

□送信システムは単一の主コイルと二次的コイル（単一又は複数）から構成されていること。

□クライアント端末は、充電中には送信システムに挿入又は直接接触していること。

□最大結合面積は60 cm^{2}から400 cm^{2}の範囲内であること。

□充電中のシステム周囲から 10 cm の距離での漏洩電磁界が最大許容電磁界（MPE）の30%未満であること。

上記要件を満足しないワイヤレス電力伝送システムは、個別に適合性確認の手続きを行う必要がある。また、装置と人体間が20 cm以内に近接する場合には、SAR評価が必要となる。なお、FCCは数値計算による適合性評価を認めているが、具体的な評価方法は示されておらず、個別に確認作業が行われている状況である。

FCC規則では、人体ばく露許容値の周波数が、一部のワイヤレス電力伝送システムの利用周波数をカバーしていないという問題がある。具体的には、SAR許容値は100 kHz以上であり、最大許容電磁界（電波防護指針の電磁界強度指針に相当）は、300 kHz以上で規定されている。今後、EV 用ワイヤレス電力伝送システム等への規制を実施するためには、意見招請を経て規則改正手続きが必要になるものと予想される。

5.5.1.2 EU

欧州での人体防護規制は、欧州理事会が策定する欧州指令（Directive）と欧州委員会勧告（Recommendation)、各国規制や地方公共団体の条例等から構成されている。

ワイヤレス電力伝送システムの従うべき指令は、一般的には、高周波機器に関する指令であるR&TTE指令（1999/5/EC）である。なお、RR&TTE指令は2016年6月13日以降、RE指令（2014/53/EC）に移行する。

また、ワイヤレス電力伝送システムを電気機器の一部とみなす場合は、その電気機器の従う指令に順ずることになる。例えば、家電製品の充電用電源に用いる場合、家電製品の一部として 低電圧指令（2006/95/EC） と EMC 指令（2004/108/EC）の二つの指令に従う。どちらの指令を適用した場合でも、電気安全、電磁界ばく露及び EMC の規定はすべて適用される。

これらの指令のほかに、ワイヤレス電力伝送システムが職場環境で使用される場合、EMF 指令（2013/35/EU、 電磁界への職業ばく露規制）も考慮して設置運用しなければならない。

また適合性評価方法の欧州地域標準化は、CEN、ETSI、CENELEC がそれぞれ対応する国際標準機関（ISO、ITU、IEC）と連携して実施している。これらの標準化団体は欧州

指令 M/305 により、電磁界への人体ばく露に関する上記指令や一般公衆ばく露を対象とした欧州委員会勧告（1999/519/EC）に関する適合性評価方法の策定が義務付けられている。

これらの欧州指令・勧告で規定されている許容値は、ICNIRP ガイドラインと同様である。なお、職業ばく露に関する許容値に関しては 2010 年に発行された ICNIRP 低周波改定ガイドラインが反映されているが、一般公衆ばく露に関する許容値に関しては、1998 年に発行された ICNIRP ガイドラインの指針値のままとなっている。

欧州におけるワイヤレス電力伝送システムに対する規制や評価方法の標準化については、具体的な動向は現時点では把握されていない。

5.5.1.3 韓国

韓国における電磁界への人体ばく露に関する許容値は、ICNIRP ガイドラインを採用しているが、局所 SAR に関しては米国 FCC と同様に 1-g 局所平均 SAR を採用している。

韓国では、走行中の電気自動車への充電等の研究開発が積極的に進められているが、ワイヤレス電力伝送システムからの電磁界への人体ばく露に関する規制や評価方法についての具体的な動向は、現時点では把握されていない。

5.5.2 電波防護ガイドライン

5.5.2.1 ICNIRP ガイドライン

ICNIRP（国際非電離放射線防護委員会）によるガイドラインは、現在まで最も広く受け入れられている電磁界への人体ばく露に関する防護ガイドラインであり、1998 年に制定されたのち[1]、100 kHz 以下の低周波・中間周波領域以下において、2010 年に改定がなされた[2]。本ガイドラインは、強制力はないが、米国を除く欧州各国を中心に影響力を持っている。

1998 年に発行された ICNIRP ガイドライン（以下、旧ガイドライン）[1]は、長らく各国において、電磁界の安全性評価の根拠として用いられてきた（独自の IEEE 等に基づく安全基準[3]、[4]を有する米国等を除く）が、2007 年の WHO による低周波電磁界の健康リスク評価結果（環境保健クライテリア）公表を契機に改定が行われることとなり、まず 1 Hz から 100 kHz の低周波領域について、2010 年 11 月に改定版 ICNIRP 低周波ガイドラインが公表された[2]。

ICNIRP ガイドラインでは、電磁界ばく露制限の指針値として、体内の誘導量で規定される「基本制限」（確立された健康影響を直接的な根拠とする）と、外部から身体が存在する領域に入射する電磁界等の大きさで規定される「参考レベル」（基本制限から導出される参考値）の２段階の指標が扱われ、基本制限の順守に重点が置かれたものとなっている。参考レベルを満たせば基本制限が満たされることとなり、参考レベルを超えた場合は、基本制限との適合性評価を別途行うことになる。ばく露対象として、

職業的なばく露と公衆へのばく露の２区分に分類され、公衆ばく露に対して、より厳しい指針値が示されている。

1998 年版 ICNIRP ガイドライン(1)では、体内誘導量で示された順守すべき基準値である「基本制限」の指標として、「体内誘導電流密度」が用いられ、脳や脊髄など中枢神経系（CNS: central nervous system）の組織を対象に「電流が直交する 1 cm^2 断面の平均値」を用いて評価することが規定されていた。これに対し、2010 年改定版 ICNIRP 低周波ガイドライン(2)では、基本制限の評価指標として、従来の体内誘導電流密度に代わり、体内誘導電界（*in situ* 電界）が用いられることとなり、基本制限を適用する対象部位についても変更され、「頭部の CNS 組織」及び「頭部及び身体（body）の全組織」の２種類の対象に対して、異なる生体作用の閾値に基づき、異なる基本制限値が示されることとなった。

表 5.1 に 2010 年版改定 ICNIRP 低周波ガイドラインの基本制限を示す。なお、本ガイドラインのタイトルにある適用周波数の上限は 100 kHz であるが、刺激作用に基づく体内誘導電界に基づく基本制限及び後述の参考レベルは、1998 年版 ICNIRP ガイドラインと同様に、10 MHz までの指針値が示されている。

「頭部の CNS 組織（脳及び網膜から構成される中枢神経組織）への基本制限」は、網膜における閃光現象に基づくもので、職業ばく露に対し、網膜における閃光を回避するために、頭部の CNS 組織（脳及び網膜）の誘導電界を 50 mV/m 以下（25 Hz）の値に制限すべきであるとし、この制限により他の脳機能への影響も回避できるものとしている。閃光の閾値に基づく基本制限値は 10 Hz～25 Hz において一定であり、それ以上の周波数では周波数に比例する。このため、商用周波数での体内誘導電界の基本制限値（職業ばく露）は、100 mV/m（50 Hz）、120 mV/m （60 Hz）となった（公衆ばく露はこれらの 1/5 の値）。

一方、「頭部及び身体の全組織」の基本制限は、末梢神経系の刺激の閾値に基づくもので、反応の閾値 4 V/m（3 kHz 以下で一定、それ以上の周波数では周波数に比例）に不確かさを考慮し、低減係数 5 を適用した値（0.8 V/m）を職業ばく露の基本制限値とし、同じ反応の閾値に低減係数 10 を適用した値（0.4 V/m）を公衆ばく露の基本制限値とした。

これらの基本制限との適合性評価を行う際の評価指標として、2010 年改定版 ICNIRP 低周波ガイドラインでは、人体モデル内誘導電界の「辺長 2 mm の立方体空間での平均」を計算し、「評価対象組織の 99 パーセンタイル値」を評価した上、さらに「網膜と皮膚を除き、平均化する空間に他組織を含む場合はこれを除外する」処理を行うものとされ、高い解像度を有する数値人体モデルを用いた数値計算を想定した詳細な評価手法が本文中に明記されることとなった。一方、局所的なばく露に対して 99 パーセンタイル値を用いると過小評価となる可能性がある場合が指摘されており、取扱いについては注意を要する(5)。

2010年改定版ICNIRP低周波ガイドラインでは、適合性確認の便宜のために、基本制限より計算により求めた等価な外部磁界の参考レベルが示されている（表5.5.2.1-1）。また、磁界参考レベルの各周波数に対する値を図5.5.2.1-1に示す。図5.5.2.1-1では、1998年版ICNIRPガイドライン(1)及び後述のIEEE規格(3)、(4)との比較も示している。

基本制限から参考レベルの導出にあたっては、詳細な人体モデルを用いた数値計算の結果が参照されている。なお、1998年版ICNIRPガイドラインから磁界参考レベルの数値に変更が見られているが、これらは、基本制限の評価指標の変更（体内誘導電流密度から体内誘導電界へ)、磁気閃光の考慮及び換算時の数値計算モデルの変更に伴うものと理解できる。また、併せて、100 kHzから10 MHzにおける参考レベルの値を示しているが、2010年改定版ICNIRP低周波ガイドライン(2)と1998年版ICNIRPガイドライン(1)で相違がある．これは、1998年版ICNIRPガイドラインでは、刺激からの防護のための瞬時値に加え、熱からの防護のための時間平均値を想定しているためである．(2010年改定版ICNIRP低周波ガイドラインでは、参考レベルについては、RF帯におけるSARに基づく参考レベルも合わせて考慮する必要があることが記載されている)。

表5.5.2.1-1　2010年改定版ICNIRP低周波ガイドライン(1)における基本制限

ばく露特性	対象部位	周波数範囲	体内誘導電界(V□m)
職業ばく露	頭部中枢神経（CNS）組織	1 Hz -10Hz	$0.5/f$
		10 Hz -25 Hz	0.05
		25 Hz -400 Hz	$2\times10^{-3}\ f$
		400 Hz -3 kHz	0.8
		3 kHz-10 MHz	$2.7\times10^{-4}\ f$
	頭部及び身体の全組織	1 Hz -3 kHz	0.8
		3 kHz-10 MHz	$2.7\times10^{-4}\ f$
公衆ばく露	頭部CNS組織	1 Hz -10Hz	$0.1/f$
		10 Hz -25 Hz	0.01
		25 Hz -1000 Hz	$0.4\times10^{-3}\ f$
		1000 Hz -3 kHz	0.4
		3 kHz-10 MHz	$1.35\times10^{-4}\ f$
	頭部及び身体の全組織	1 Hz -3 kHz	0.4
		3 kHz-10 MHz	$1.35\times10^{-4}\ f$

- fはHzを単位とした周波数。

- 全ての値は実効値。

- 100 kHz以上の周波数では、RFに特有な熱作用に関する基本制限を同時に考慮する必要がある。

表 5.5.2.1-2　2010 年改定版 ICNIRP 低周波ガイドライン[1]における
電界・磁界の参考レベル(無擾乱 rms 値)

ばく露特性	周波数範囲	電界強度(kV/m)	磁束密度 (T)
職業ばく露	1 Hz -8 Hz	20	$0.2/f^2$
	8 Hz – 25 Hz	20	$2.5\times10^{-2}/f$
	25 Hz – 300 Hz	$5\times10^{2}/f$	1×10^{-3}
	300 Hz – 3 kHz	$5\times10^{2}/f$	$0.3/f$
	3 kHz – 10 MHz	1.7×10^{-1}	1×10^{-4}
公衆ばく露	1 Hz -8 Hz	5	$0.04/f^2$
	8 Hz – 25 Hz	5	$0.5\times10^{-2}/f$
	25 Hz – 50 Hz	5	0.2×10^{-3}
	50 Hz – 400 Hz	$2.5\times10^{2}/f$	0.2×10^{-3}
	400 Hz – 3 kHz	$2.5\times10^{2}/f$	$0.08/f$
	3 kHz – 10 MHz	0.83×10^{-1}	0.27×10^{-4}

注）表中の f の単位は Hz。非正弦波及び複数周波数へのばく露の評価方法については、本文に別途記載がある。

100 kHz 以上の周波数では、RF に特有な参考レベルを同時に考慮する必要がある。

10MHz 以上の熱作用からの防護においても、確立した健康影響に関する研究成果に基づき、基準値が設定されている。基本的な考え方は、ICNIRP ガイドライン、後述の IEEE 規格も同様であり、主として人体に吸収されたエネルギーによる発熱の影響が考慮され、指標として、比吸収率すなわち Specific Absorption Rate (SAR) が用いられている。

最も重要な指針値は、全身に吸収されたエネルギーによる熱ストレスの影響であり、動物の種類や周波数等にかかわらず、全身平均 SAR が約 4～8 W/kg で現れ、深部体温の 1℃程度の上昇が管理すべきレベルと考えられている。これに基づき、全身平均 SAR が職業環境で 0.4 W/kg、一般環境では 0.08 W/kg を超えないことが防護指針レベル値の根拠とされている。一方で、局所的な電磁界ばく露に対しては、白内障等の局所的な組織温度の上昇による影響を考慮しており、 ICNIRP では、任意の組織 10 g あたりの局所 SAR が 2 W/kg（一般環境）を超えないこととしている。

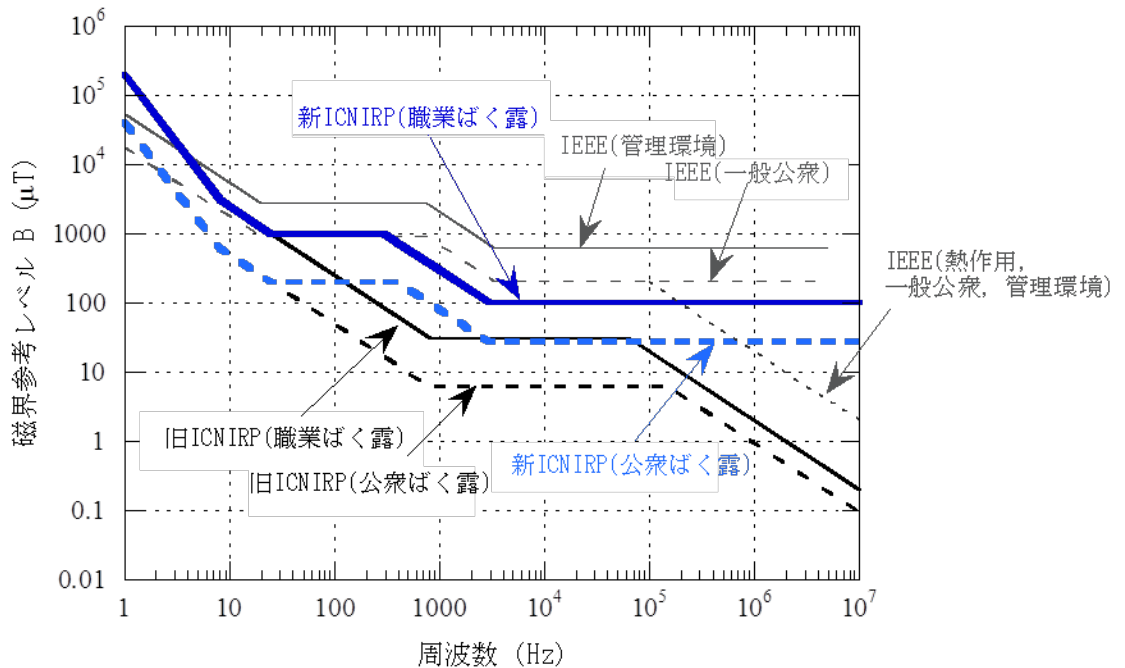



図 5.5.2.1　新旧 ICNIRP 低周波ガイドライン(1、2)における磁界参考レベルの比較
(10MHz までを表示、後述の IEEE 規格(3、4)との比較も示す)

5.5.2.2 IEEE C95.1、C95.6

米国 IEEE (米国電気電子学会) より発行された安全基準に関する規格は、3 kHz を境に異なる規格となっており、低周波側は、2002 年に発行された C95.6、「0 Hz～3 kHz の電磁界への人体ばく露に関する安全レベルについての IEEE 規格」(3)、高周波側は、2005 年に改定された C95.1「3 kHz～300 GHz の無線周波電磁界への人体ばく露に関する安全レベルについての IEEE 規格(4)」である。これらは、米国を中心に影響力を持ち、国際規格としての意味合いも持っている。IEEE 規格も ICNIRP と同様に基本制限と参考レベル (MPE : maximum permissive exposure と呼ばれる) の２段階構成であり、基本制限として誘導電界が用いられており、部位ごとに値が異なっている (表 5.5.2.2-1 に基本制限を、表 5.5.2.2-2 に頭部及び胴体へのばく露に対する最大許容ばく露を、表 5.5.2.2-3 に四肢に対する最大許容ばく露を示す)。低周波では眼内閃光が、中間周波では末梢神経系への刺激が、基本制限の決定要因となっている。また、ICNIRP での「公衆ばく露」、「職業ばく露」の区分は、「管理環境」「非管理環境 (低周波では一般公衆)」という呼称になっている.

基準となる誘導電界 (管理環境における、脳に対する基本制限) は、50 Hz において 44.3 mV/m であり、これは周波数比例となる。50 Hz での対応する外部磁界は、 2.71 mT である (50 Hz、 60 Hz では同じ)。すなわち、0.1 mT、 50 Hz の一様磁界に対して、1.63 mV/m という換算となる (なお、心臓や四肢に対しては異なる換算が与えられ

ている)。

商用周波数では、磁気閃光反応に基づく指針値となっており、用いられた誘導電界換算モデルは脳を模擬する楕円断面(半長径 a = 10.5 cm、半短径 b = 9.0 cm)であり、一様磁界ばく露時に生じる最大誘導電界を下記解析式により評価している。

$$E = 2\pi fB \cdot a^2b/(a^2+b^2) \qquad \text{(式 5.5.2.2)}$$

ここで、E は誘導電界、B は磁束密度、f は周波数であり、0.1 mT、 50 Hz の一様磁界に対して、1.63 mV/m と計算される。中間周波帯に関する記述はないものの、楕円断面積が最大となる胴体(半長径 a = 17 cm、半短径 b = 90 cm)に対する一様磁界ばく露時に生じる最大誘導電界をもとに考察することとなる。

IEEE 規格では、基本制限との比較においては、平均化距離として、「あらゆる方向の 5 mm の長さを考慮」することとしている。一様電界あるいは一様磁界へのばく露に対する体内誘導電界の数値計算において、5 mm 長平均の誘導電界と ICNIRP ガイドラインが示す一辺 2 mm の立法体形状の平均誘導電界とを比較した場合、その差異は高々30%程度であることが報告されている(6)。

100 kHz 以上の熱作用については、ICNIRP ガイドラインと同様であり、主として人体に吸収されたエネルギーによる発熱の影響が考慮され、指標として SAR が用いられている。全身平均 SAR が職業環境で 0.4 W/kg、一般環境では 0.08 W/kg を超えないことが防護指針レベル値の根拠とされている。一方で、局所的な電磁界ばく露に対しては、白内障等の局所的な組織温度の上昇による影響を考慮しており、わが国や ICNIRP では、任意の組織 10 グラムあたりの局所 SAR が 2 W/kg(一般環境)を超えないこととしている。局所 SAR に関しては、生物学的根拠が必ずしも明確でないことから、局所 SAR の指針値については世界各国で異なるものが採用されていた。特に、主に米国等で採用されている 1 g 平均 SAR と欧州や日本で採用されている 10 g 平均 SAR の違いが大きくクローズアップされていたが、2005 年に IEEE 規格(4)において、1 g 平均 SAR から 10 g 平均 SAR に変更され、調和が図られている。

現在、IEEE 規格の改定作業が行われており、現行の楕円断面モデルに対し、詳細人体モデルを適用することの検討が行われるとともに、低周波と高周波を合冊とする方向で作業が進められている。

表 5.5.2.2-1 IEEE 規格(3、4)における基本制限

ばく露部位	f_e (Hz)	一般公衆*	管理環境
		E_O (V/m-rms)	E_O (V/m-rms)
脳	20	$5.89\mathrm{x}10^{-3}$	$1.77\mathrm{x}10^{-2}$
心臓	3350	0.943	0.943
手、手首、脚、足首	3350	2.10	2.10

他の組織	3350	0.701	2.10

表の解釈は次のとおり：
周波数 $f \leqq fe$ に対しては $E_i = E_o$, 周波数 $f \geqq fe$ に対しては $E_i = E_o (f / fe)$.
（E_o：生体内電界、fe：生体内電界の周波数パラメータ、E_i：生体内電界の最大許容値）
本表の電界の制限に加えて、10 Hz 以下の磁界は、ピーク値 167 mT（一般公衆）、500 mT（管理環境）に制限される.
＊「一般公衆」のカテゴリーは、IEEE C95.1[4]では、「アクションレベル」

表 5.5.2.2-2 IEEE 規格[3、4]における磁界最大許容ばく露：
頭部及び胴体へのばく露

周波数帯域 (Hz)	一般公衆*	管理環境
	B (mT-rms)	B (mT-rms)
< 0.153	118	353
0.153 - 20	18.1/f	54.3/f
20 - 759	0.904	2.71
759 - 3350	687/f	2061/f
3350 – 5 MHz	0.205	0.615

実効値を測定するためのアベレージング時間は、10Hz 以上では、10 秒間。
それ以下の周波数では、最低 10 サイクルが含まれること、ただし最大 1 分間。
＊「一般公衆」のカテゴリーは、3 kHz 以上[4]では、「アクションレベル」

表 5.5.2.2-3 IEEE 規格[3、4]における磁界最大許容ばく露：
四肢へのばく露

周波数帯域 (Hz)	一般公衆*	管理環境
	B (mT-rms)	B (mT-rms)
< 10.7	353	353
10.7 - 3350	3793/f	3793/f
3350 - 5 MHz	1.13	1.13

＊「一般公衆」のカテゴリーは、3 kHz 以上[4]では、「アクションレベル」

参考文献

(1) ICNIRP: “Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)”, Health Physics, Vol. 74, pp. 494-522 (1998)
(2) ICNIRP: “Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields

(1 Hz to 100 kHz)", Health Physics, vol. 99, pp. 818-836 (2010)
(3) IEEE: "IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electromagnetic fields, 0-3 kHz", IEEE Std C95.6 (2002)
(4) IEEE: "IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radiofrequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz", IEEE Std C95.1 (2005)
(5) I. Laakso and A. Hirata, "Reducing the staircasing error in computational dosimetry of low-frequency electromagnetic fields," Physics in Medicine and Biology, vol. 57, p. N25-N34 (2012)
(6) A. Hirata, Y. Takano, Y. Kamimura, and O. Fujiwara, "Effect of the averaging volume and algorithm on the in situ electric field for uniform electric- and magnetic-field exposures", Phys. Med. Biol., Vol. 55, pp. N243-N252 (2010)

5.5.3 適合性評価方法

5.5.3.1 IEC TC 106

5.5.3.1.1 IEC 62311

電磁界の人体安全性評価のよりどころとして、前述の ICNIRP や IEEE など国際的な人体防護ガイドラインが広く認識されており、実際のばく露状況におけるガイドライン適合性を評価するために、人体ばく露に関連する物理量を定量的に評価することが必要となっている。このため、適合性評価手法の標準を定めるため、電気・電子技術分野の国際標準化の作業を担う IEC（International Electrotechnical Commission、国際電気標準会議）において、「人体ばく露に関する電界、磁界、及び電磁界の評価方法」についての専門委員会 TC 106（TC：Technical Committee）が設置され、人体ばく露に関連する電磁界の評価方法標準化の作業が進められてきた。これまで、電磁界の人体ばく露評価に関連し、共通に用いられる手法を定めた水平規格、製品別の規格ならびに該当する製品別規格がない場合に適用される一般規格が作成されてきている。今回の対象のワイヤレス電力伝送システムのうち、該当する製品別規格が存在しない場合には、一般規格 IEC 62311[1]を使ってばく露評価を行うこととなる。図 5.5.3.1-1 は IEC 62311 に従ってワイヤレス電力伝送システムからの電磁界への人体ばく露量を評価する手順を示したものである。また、図 5.5.3.1-2 は使用位置での電磁界／接触電流の測定を細かく説明したものである。本節では、IEC 62311 の記載に即して、ICNIRP ガイドラインで例示して解説する。

なお、IEC 62311 の 7.2 項の(3)に製品独自のばく露量評価規定による評価が記載されているが、現在ワイヤレス電力伝送システムに関しては独自規定がないので、本報告書では割愛する。

図 5.5.3.1-1　IEC 62311 による EMF 評価手順

*1)ばく露評価の対象周波数が 10 GHz までのワイヤレス電力伝送システムを想定

（手順１）ワイヤレス電力伝送システムの諸元と適用基準の選定と除外可能なレベルによるばく露評価是非の判断

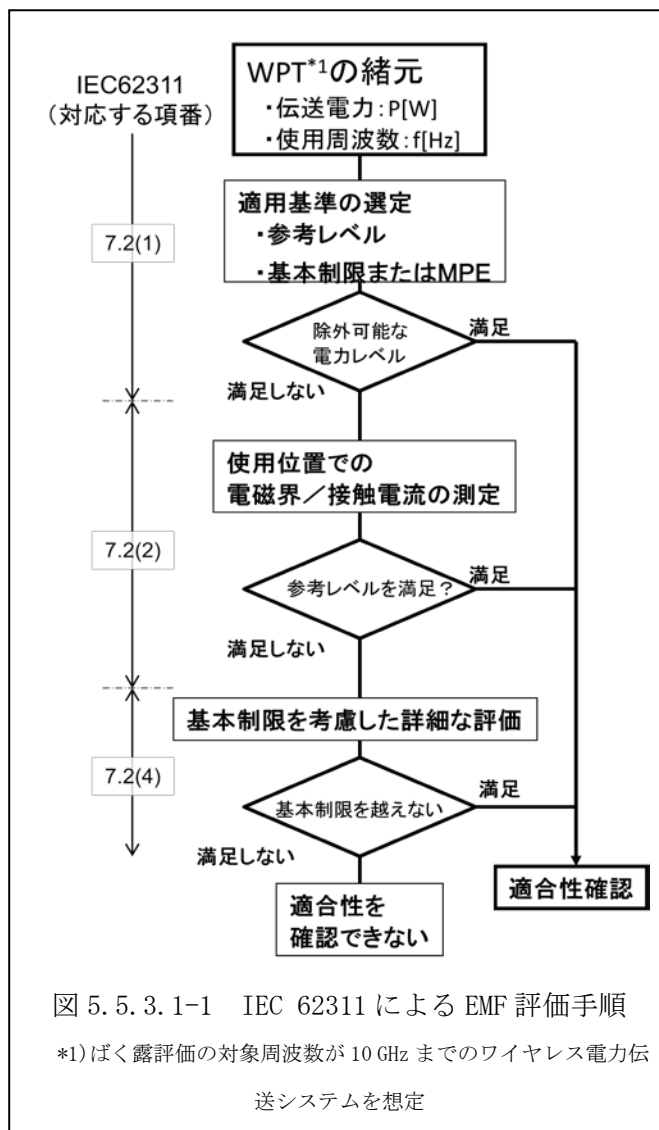
電磁界への人体ばく露量評価に必要なワイヤレス電力伝送システムの諸元を規定する。ワイヤレス電力伝送システムの電気的な特性だけでなく、システムを使用する人の位置や適用するばく露規準を特定する。

特定する具体的な内容として、

・ワイヤレス電力伝送システムの伝送電力と使用周波数
・測定位置：使用者の通常の使用位置
・適用するばく露基準の選定

などがある。

ここでばく露評価の対象となる周波数範囲は、ワイヤレス電力伝送システムの使用周波数だけでなく、例えば、大電力機器の場合、商用周波数（50/60Hz）や電源のスイッチング周波数も含まれることも注意しなければならない[1]。また、高周波電力の生成に矩形波などの高調波成分を多く含む波形を用いる場合、その高調波の周波数も対象と考える。

IEC 62311 では測定位置は「使用者の通常の使用位置」とだけ記載され、具体的な測定位置は規定していない。一般環境で使用されるワイヤレス電力伝送システムの場合、システムの操作者以外の人が使用中に近接することも考えられるので、測定位置として操作パネルや電力伝送部周囲だけでなく、動作中に人が立ち入ることの可能なエリアを考慮しなければならない。

[1] 電波防護指針では 10 kHz よりも低い周波数の電磁界ばく露評価は対象外である。

卓上又は小型のワイヤレス電力伝送システムの場合、機器の表面の近接可能な面に測定器のセンサ部を密着させて測定する。これに対して、大型のワイヤレス電力伝送システムの場合、機器の周囲で人の立ち入る範囲において測定を行う。機器との近接距離や測定高さは表 5.5.3.1-1 に記載した IEC 規格の中から対象機器が被測定機器に類似した規格を参考に決定する。

表 5.5.3.1-1　測定位置の考え方

規格	対象/周波数	測定位置	備考
IEC 62110	一様電磁界 / 50/60Hz	地上 1m	
	非一様電磁界 / 50/60Hz	設備/敷地/壁面から 0.2 m 地上より 0.5 m、1 m、1.5 m 装置高さ H<1.5 m の場合 地上より H/3、2H/3、H	
	埋設された波源 / 50/60Hz	地上 0.2 m 5 点の測定値から最大点を特定	
IEC 62233	一様/非一様電磁界/0-400 kHz	走査面：装置表面から 0 cm その他：30 cm	

微弱な電力機器／本質的適合の判断

詳細なばく露評価に先立って、使用周波数における除外可能な電力レベルを算出する（付録 G 参照）。

WPT の送信電力がこの除外可能な電力レベルよりも小さい場合、熱影響に関するばく露基準を超えるばく露を生じ得ないので、測定や詳細な評価を行わなくても熱影響の基準に対する適合性を確認することが可能である。

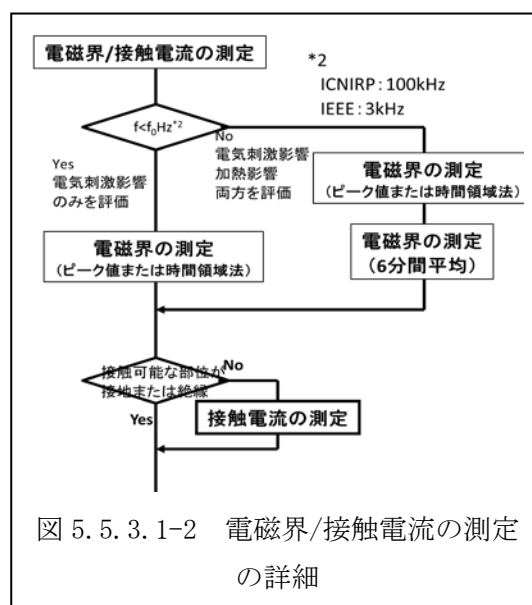



図 5.5.3.1-2　電磁界/接触電流の測定の詳細

（手順２）電磁界の測定と参考レベルによる適合性の判定

通常使用位置で電界／磁界／接触電流を測定する。ばく露基準を ICNIRP ガイドラインとした場合、使用周波数が 100 kHz を超えない場合、熱影響を考慮しないので、電気刺激影響のみを考慮した測定のみを行う。これに対して、使用周波数が 100 kHz を

超える場合、刺激影響と熱影響の両方を評価する。機器の表面に接地されていない金属部分が露出している場合や、電力伝送の際に伝送部の近傍に誘導を受ける金属が存在する場合、接触電流の評価が別途必要となる。

(1) 刺激影響の評価と適合性の判断

手順1で定めた測定位置において、電界及び磁界を測定する。

(a)ICNIRPガイドライン（1998年版）の場合

$$\sum_{i=1Hz}^{1MHz}\frac{E_i}{E_{L,i}}+\sum_{i>1MHz}^{10MHz}\frac{E_i}{a}\leq 1$$

(式5.5.3.1-1)

及び

$$\sum_{j=1Hz}^{65kHz}\frac{H_j}{H_{L,j}}+\sum_{j>65kHz}^{10MHz}\frac{H_j}{b}\leq 1$$

(式5.5.3.1-2)

ここで

E_iは周波数 i での電界強度、$E_{L,i}$は周波数 i の電界強度の参考レベル、

H_jは周波数 j での磁界強度、$H_{L,j}$は周波数 j の磁界強度の参考レベル、

磁界の測定を磁束密度 B で測定した場合、H_jの代わりに B_j(周波数 j の磁束密度)、

$H_{L,j}$の代わりに $B_{L,j}$（周波数 j の磁束密度の参考レベル）とする。

a と b の値は表5.5.3.1-2を参照のこと。

表5.5.3.1-2　適合性評価のための定数

ICNIRP ガイドライン	ばく露の条件	a [V/m]	b [A/m]([μT])	c [V/m]	d [A/m]([μT])
1998年版	職業的ばく露	610	24.4（30.7）	610/f	1.6f
	公衆のばく露	87	5（6.25）	87/f	0.73/f

表中の f はMHｚで表した周波数

(b)ICNIRPガイドライン（2010年改定版）の場合

$$\sum_{i=1Hz}^{10MHz}\frac{E_i}{E_{R,i}}\leq 1$$

(式5.5.3.1-3)

及び

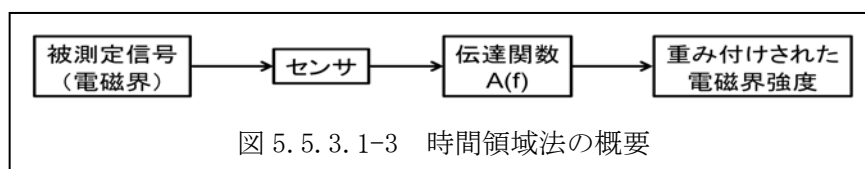
$$\sum_{j=1Hz}^{10MHz}\frac{H_j}{H_{R,j}}\leq 1$$

(式5.5.3.1-4)

ここで

E_iは周波数 i での電界強度、$E_{R,i}$は周波数 i の電界強度の参考レベル、
H_jは周波数 j での磁界強度、$H_{R,j}$は周波数 j の磁界強度の参考レベル、

IEC 62311 では複数のスペクトラムの加算の手間を省くため、時間領域法（Shaped Time Domain 法）を推奨している。

図 5.5.3.1-3　時間領域法の概要

時間領域法はセンサによって測定した電磁界強度信号を式 5.5.3.1-1 から式 5.5.3.1-4 の分母の特性に相当する伝達関数を通すことにより、参考レベルで除した値の総和として評価することができる。電磁界強度は式 5.5.3.1-1 から式 5.5.3.1-4 の左辺に相当するばく露基準に対する比率を表す又値又は百分率として得られる。

(2) 熱影響の評価

手順 1 で定めた測定位置において、電界及び磁界を測定する。ばく露基準への適合性は式 5.5.3.1-5 と式 5.5.3.1-6 による。なお、2010 年改訂版 ICNIRP ガイドラインは低周波の刺激影響のみであるので、本項には 1998 年版 ICNIRP ガイドラインでの判断のみ記載する。

$$\sum_{i=100kHz}^{1MHz}\left[\frac{E_i}{c}\right]^2+\sum_{i>1MHz}^{300MHz}\left[\frac{E_i}{E_{L,i}}\right]^2\leq 1$$
（式 5.5.3.1-5）

及び

$$\sum_{j=100kHz}^{1MHz}\left[\frac{H_j}{d}\right]^2+\sum_{j>1MHz}^{300MHz}\left[\frac{H_j}{H_{L,j}}\right]^2\leq 1$$
（式 5.5.3.1-6）

ここで
E_iは周波数 i での電界強度、$E_{L,i}$は周波数 i の電界強度の参考レベル、
H_jは周波数 j での磁界強度、$H_{L,j}$は周波数 j の磁界強度の参考レベル、
c と d の値は表 5.5.3.1-2 を参照のこと。

(3) 接触電流の評価

接触電流を付録 F に従い測定する。なお、IEC 62311 では Annex D にアースされた実際の人体、又は人体と等価な回路を機器の金属部分に接触させ、流れる電流を Clamp-On

型の電流計で測定することによって、接触電流の測定方法が例示されているが、現状では等価人体モデルが標準化されていない。

次式 5.5.3.1-7 によるばく露規準への適合性を確認する。

$$\sum_{n=1Hz}^{110MHz} \frac{I_n}{I_{C,n}} \le 1$$

（式 5.5.3.1-7）

ここで、I_n は周波数 n における接触電流、$I_{C,n}$ は周波数 n における接触電流の参考レベルである。

（手順３）基本制限を考慮した詳細な評価

現状、基本制限を考慮してばく露評価を行う方法として標準化されているのは、携帯無線端末等を対象とした SAR の評価方法である（付録 G 参照）。電磁界解析等の計算手法を用いて、誘導電流／体内誘導電界を求める手法もあり、携帯無線端末等の SAR 計算法については、手法の標準化が進められている。

測定における不確かさの取り扱い

IEC の国際規格では、人体ばく露量評価における測定に対して、測定不確かさが 30% を超えないことが要求されている。IEC 62311/62479 に測定不確かさが 30%を超えた場合の測定値の取り扱いについて規定されている。

測定不確かさが 30%を超える場合は下記の式 5.5.3.1-8 を用いて制限値 L_{lim} に重み付けを行い、測定によって得られた値 L_m がその重み付けられた値以下でなければならないことを要求している。

$$L_m \le \left(\frac{1}{0.7 + \frac{U(L_m)}{L_m}} \right) L_{\lim}$$

（式 5.5.3.1-8）

ここで $U(L_m)$ は絶対不確かさを表している。

例えば、相対測定不確かさが 55%であれば、

$$\frac{U(L_m)}{L_m} = 0.55$$ となり、 $$L_m \le \left(\frac{1}{0.7 + 0.55} \right) L_{\lim} = 0.8 L_{\lim}$$

（式 5.5.3.1-9）

となる。

参考文献
(1) IEC: “Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)”, IEC 62311 (2007-08)

5.5.3.1.2 その他の IEC 規格

1998 年に制定された規格「人体ばく露に関する低周波磁界及び電界の測定－測定器の特別要求事項及び測定の手引き(IEC 61786)[3]」では、電磁界の基本事項、測定手順や測定器の要求仕様を示している。現在改定作業が進められており、電磁界測定器に関する基本事項と、測定手順のガイダンスについて、分冊発行することが決定している（すでに、基本事項を規定したパート 1 が、2013 年 12 月に発行されている[1]）。なお本規格[3]は、2004 年に JIS 化され、JIS C 1910[2]として発行されている。また、低周波電磁界への人体ばく露量の数値計算方法（IEC 62226[8-10]）も策定されている。

このほか、家電の電磁界測定法 IEC 62233[4]、電力設備を対象とした電磁界測定方法 IEC 62110[5]、携帯無線端末を対象とした比吸収率測定方法 IEC 62209[6、7] 等が発行されている。さらに、電気自動車のワイヤレス電力伝送システム充電時の電磁界への人体ばく露量評価を含む IEC 61980-1 が現在策定中である。

IEC 62233 では、10Hz から 400 kHz までの家電製品を対象としており、磁界誘導方式の充電器について磁界強度の測定位置（表面から 30 cm）を規定している。さらに、内部変圧器又は電子回路が 1000 V 未満で動作する場合には、電界強度に関する基本制限を本質的に満足していると考えられるため、電界強度の評価を不要としている。

[1] IEC 61786-1 Ed. 1.0: “Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings - Part 1: Requirements for measuring instruments” (2013)
[2] JIS C 1910 :「人体ばく露を考慮した低周波磁界及び電界の測定」(2004)
[3] IEC 61786 Ed. 1.0: “Measurement of Low-Frequency Magnetic and Electric Fields with Regard to Exposure of Human Beings - Special Requirements for Instruments and Guidance for Measurements” (1998)
[4] IEC 62233 Ed. 1.0: “Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure”, (2005)
[5] IEC 62110 Ed. 1.0: “Electric and magnetic field levels generated by AC power systems - Measurement procedures with regard to public exposure”

(2009)
[6] IEC 62209-1 Ed. 1.0: “Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - Human models, instrumentation, and procedures - Part 1: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz)” (2005)
[7] IEC 62209-2 Ed. 1.0: “Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - Human models, instrumentation, and procedures - Part 2: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for wireless communication devices used in close proximity to the human body (frequency range of 30 MHz to 6 GHz)” (2010)
[8] IEC 62226-1 Ed. 1.0: “Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range - Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body - Part 1: General” (2004)
[9] IEC 62226-2-1 Ed. 1.0: “Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range - Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body - Part 2-1: Exposure to magnetic fields - 2D models”(2004)
[10] IEC 62226-3-1 Ed. 1.0: “Exposure to electric or magnetic fields in the low and intermediate frequency range - Methods for calculating the current density and internal electric field induced in the human body - Part 3-1: Exposure to electric fields - Analytical and 2D numerical models” (2007)

5.5.3.2 IEEE/ICES/TC 95、TC 34

IEEE/ICES/TC 95 は高周波電磁界（100 kHz～300 GHz）への人体ばく露量の測定・計算方法を C95.3 として策定しており、測定装置の基本的要件や校正方法等が記載されている。一方、IEEE/ICES/TC 34 は主に携帯無線端末を対象とした SAR 測定方法として IEC 62209-1 と同等な IEEE P1528 の発行及び計算方法について標準化作業を進めている。

また、IEEE のその他の関連規格として、プローブ、アンテナ等の校正方法等に関する規格（IEEE Std.1309）やワイヤレス電力伝送システムが主に利用する準静的電磁界の測定要件に関する IEEE ガイド（IEEE Std 1460）等が策定されている。

5.6 今後の課題

本報告では対象に含まれないが、ワイヤレス電力伝送システムから発射される電波による体内植え込み医療機器への影響を適切に評価・防護することも重要であり、評価手法を確立するための研究開発が必要である。

電波防護指針では、体内に金属を埋め込んでいる場合は、指針値以下の電磁界でも予想外の局所的な発熱など引き起こす可能性があり、注意が必要であるとしている。また、金属を身に着けている場合、特に誘導加熱炉などの近くでは、指針値以下の電磁界でも金属が発熱する可能性があり、注意が必要であるとしている。ワイヤレス電力伝送システムは誘導加熱炉と同じく比較的低い周波数の磁界を利用するものが多いため、過度な加熱を抑えるための設計・運用指針を策定するための基礎データを取得することが必要である。

電波防護指針は現在、平成22年の国際非電離放射線防護委員会の低周波数電磁界の国際ガイドラインの改定版発行を背景に、見直しの作業を進めている。また、国際非電離放射線防護委員会は高周波数電磁界の国際ガイドラインの改定作業を進めている。したがって、電波防護指針及び国際ガイドラインの改定状況に即して、本報告書でとりまとめた適用すべきガイドラインと適合性評価方法を見直していくことが必要である。

本報告書では結合係数の適用要件を限定することができなかった 100 kHz 以上の電気自動車や家電①システムについて、今後、実際に利用されるシステムがより限定されることにより、結合係数を適用できる可能性がある。したがって、今後のワイヤレス電力伝送システムの利用状況に応じて、適用すべきガイドラインと適合性評価方法の見直しを図る必要がある。

本報告書を作成した時点では適合性評価方法を規定できていない局所吸収指針や基礎指針に対する適合性評価方法を確立するための SAR 測定方法や数値計算方法の研究開発も必要である。局所吸収指針や基礎指針への適合性を直接評価することで、電波を適正かつ有効に利用することが可能となり、ワイヤレス電力伝送システムの利用範囲の拡大が期待できる。また、接触電流測定に関する評価方法については必ずしも十分な検証が行えておらず、今後の検討の状況に応じて、評価方法を見直していくことが必要である。

本報告書で規定した適合性評価方法については、今後、関連の国際規格等に反映するように努力するとともに、今後策定・改定される国際規格と相違が生じた場合には、速やかに国際的な整合性を確保していくことが重要である。

第６章　海外動向及び今後の検討課題

本章では、ワイヤレス電力伝送システムに関する国際標準化機関等の検討状況及びワイヤレス電力伝送システムに関して今後検討を行うべき課題について述べる。

6.1　標準化動向

6.1.1　IEC

IEC では、TC 100（Audio, Video and Multimedia systems and equipment）においてAV、IT 機器への WPT システム、TC 69（電気自動車）において電気自動車充電用の WPT システムの標準規格が検討されている。以下にその活動概要について説明する。

(1) IEC TC100

IEC TC100 における、これまでの標準化に関する経緯・活動内容等は以下のとおりである。

2011 年 10 月に日本からの提案でワイヤレス給電技術の標準規格化に関するプロジェクト（Stage 0 project）が設立され、AV、IT 機器向けのワイヤレス給電（WPT）システムを対象とした検討が開始された。テクニカルレポート（TR）の作成が活動の中心であり、2013 年 7 月に EIC 62869/Ed.1 が発行された。ここで、議論に参加している主要メンバーは、日本のグループ、米国 CEA のグループ及び韓国 TTA のグループである。

この活動の日本側組織は電子情報技術産業協会（JEITA）の AV&IT 標準化委員会　の中のワイヤレス給電対応 PG であり、TR に向けて日本としての意見をとりまとめた。この活動に BWF／WPT-WG も協力した。

韓国、日本からの NP 提出を受け、2012 年 10 月の TC100 総会において、ワイヤレス給電に関する規格を取扱う新 TA（Task Area）の設立が決定され、2013 年 6 月に TA15(Wireless Power Transfer)として活動がスタートした。TA15 のスコープは、マルチメディアシステムと機器に対する WPT システムに関連した国際的な規格類、及び WPT システムにおける送受信間の機能に関する相互運用性の開発である。

TA15 新設に伴い、JEITA 内では、ワイヤレス給電対応 PG は解散し、新たにワイヤレス給電に関する全ての規格を取り扱うことができる対応組織である TA15 対応標準化 G を設置した。

現在、TA15 での主な活動として、「PT62827(Wireless Power Transfer – Management)」の規格化の検討を行っている。PT62827 は、韓国と日本からの NP（新プロジェクト提案）を基に「Part 1: Common Components」、「Part 2: Multiple devices control management」、「Part 3: Multiple sources control management」の 3 つのパートで構成される。2015 年中の国際規格（IS）発行を目標としている。

(2) IEC TC69

EV 用のワイヤレス充電の規格「IEC61980」検討している。その状況は以下のとおりである。

IEC（国際電気標準会議）では、一般の電気自動車への充電を想定した WPT システムの規格化を検討している。

日本側の受け皿は JARI（日本自動車研究所）設置された非接触給電標準化 SWG である。ここでは BWF／WPT-WG と連携した活動を行っている。また、JSAE（自動車技術会）はリエゾンとして参加している。

IEC 61980 は３つのパートで構成され、IEC 61980-1（一般要求案件）、IEC 61980-2（制御通信）、IEC 61980-3（磁界結合方式による WPT システム）について各々規格化を進めており、2015 年春には、IEC 61980-1 は IS(International Standard)、IEC 61980-2 と IEC 61980-3 については TS（Technical Specification）として発行される予定である。

この規格化議論の中で、候補となる周波数は、85kHz 帯(81.38k～90.00kHz)を支持するのが多勢であるが、140kHz 帯を主張しているメンバーもおり、まだ決定されていない。コイルタイプおよび互換性については３つの方式が各アネックスとして対案されている。

また、関連するその他の団体での規格化活動として、本 IEC 61980 と以下に紹介する ISO 19363 および SAE J2954 があり、相互に連携して規格策定を進めている。

ISO(PAS) 19363：

IEC 61980 はインフラシステム側を基本とした規格になるが、これに対して、電気自動車側の規格化の必要性があるため、ISO（国際標準化機構）の TC22/SC21/WG1(Electrically propelled road vehicles)の中に JPT 19363 が組織化された。IEC61980 と連携した活動を行っており、日本の参加形態は IEC 同様に JARI の非接触給電 SWG で対応しており、互換性や安全要件が規格化のポイントになる。周波数は、85kHz 帯(81.38kHz～90.00kHz)のみが提案されており、コイルタイプは 4 種類が提案されている。ISO のルールで 36 ヵ月以内に PAS(Publicaly Available Specification)を完成させる必要があり、遅くとも 2017 年には PSA が発行される予定である。

SAE J2954:

SAE（米国自動車技術者協会）の中に WPT 技術による電気自動車充電用に組織化されたタスクフォース（T/F）であり、参加形態は IEC や ISO とは異なり、個社での対応となっている。これまでの議論状況は以下のとおりである。

４つの候補となる WPT 周波数を提案してきたが、ドイツ OEM が正式に 85kHz 帯のサポートを表明したことで、現在は 85kHz に一本化されている。

二次リファレンスコイルとしてサーキュラータイプが大多数の賛成で提案されているが、少数の反対もあり、まだ完全なコンセンサスには至っていない。二次コイル地上高については、３つのクラスに分けることが提案されている。

今後は二次リファレンスコイルの仕様および互換性の検討が予定されており、2014 年中に TIR(Technical Information Report)の発行を予定している。

6.1.2 国際無線障害特別委員会（CISPR）

国際無線障害特別委員会（CISPR：Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques）は IEC の特別委員会である。IEC の他の専門委員会とは異なり、無線妨害の抑圧に関心を持つ国際機関（ITU-R、ETSI 等）が構成員となっており、ITU-R などとの密接な協力体制がとられている。

CISPR では、製品規格ごとに小委員会レベルで許容値及び測定法の検討が行われており、WPT システムについても、WPT ごとに対象の製品規格を担当する小委員会において、検討が行われている。

（CISPR 小委員会と担当する WPT システム）

・B 小委員会(SC-B)：電気自動車用 WPT システム

・F 小委員会(SC-F)：家電機器用 WPT システム

・I 小委員会(SC-I)：マルチメディア機器用 WPT システム

以下にその活動概要について説明する。

(1) ワイヤレス電力伝送システムに関するタスクフォース（TF）の設置

2013 年 9 月に開催された CISPR オタワ会議において、許容値及び測定法等について、専門の検討体制が必要との観点から、SC-B、SC-F、SC-I のそれぞれの小委員会におけるワイヤレス電力伝送システムに関するタスクフォース（TF）の設置が承認された。今後、各小委員会において、TF を中心として、ワイヤレス電力伝送システムに関する検討が進められる見込み。

(2) B 小委員会(SC-B)

SC-B では、電気自動車用のワイヤレス電力伝送システムの許容値、測定法等について検討を行っている。2014 年 6 月の SC-B では、TF リーダーに久保田 文人氏（日本）が就任し、具体的な検討項目及び体制について検討が行われた。主な結果は、以下のとおり。

〇検討項目の確定

TF において、電気自動車用の充電設備も含めた WPT は、CISPR11 を適用することが合意された。

〇WPT 装置に適用する CISPR11 の許容値及び測定法

・150kHz-18GHz

CISPR11 グループ 2 で規定する許容値及び測定法が WPT の目的にかなうかどうかを確認することが賛成多数で合意された。今後、必要に応じて改定案の検討を行う予定。

・9kHz-150kHz

放射妨害波の許容値を検討することが賛成多数で可決された。なお、検討に当たっては、SC77A/WG8 の審議状況を考慮することとなった。

・型式試験のための測定配置及び疑似負荷については、TC69 におけるドラフト及び審議の進め方を検討しながら調査を行うこととなった。

(3) F 小委員会(SC-F)

SC-F では、家電機器用のワイヤレス電力伝送システムの許容値、測定法等について検討を行っている。TF における具体的な検討項目及び体制については、今後議論が行われる予定。TF リーダーは、Pierre Beeckman（オランダ）。

(4) I 小委員会(SC-I)

SC-I では、マルチメディア機器用のワイヤレス電力伝送システムの許容値、測定法等について検討を行っている。2014 年 3 月の SC-I では、TF の検討状況について、TF リーダーである Arthurs Mark G（米国）から説明が行われ、TF で検討すべき事項について議論が行われた。主な結果は、以下のとおり。

○CISPR 32 における WPT 機器の適用範囲

マルチメディア機器の一部として付加された WPT 機器や機能（送電、受電、通信/制御）を CISPR 32 の適用範囲とすべき。

○許容値及び測定法

許容値は CISPR 32 をそのまま適用する。AC 電源端子やその他の端子の伝導妨害波に関しては、マルチメディア機器と WPT 機器を組み合わせた構成に基づき、CISPR 11 等他の規格の適用も考慮する。また、CISPR 32 がカバーしていない周波数範囲についても、CISPR 11 等他の規格の適用を検討すべき。

○供試装置の構成や動作条件

基本的に CISPR 32 を適用するが、負荷の配置や動作条件など WPT 固有の条件について検討すべき。

議論の結果、現状 CISPR 32 の適用範囲に含まれる WPT 機器が存在しないことから、タスクフォースでは、マルチメディア機器に接続された WPT 機器や機能及び負荷の動作条件、配置等に関して、現状の CISPR 32 の規定に指針を追加する必要性の有無を確認し、必要であれば動作条件や配置に関するガイダンスを検討して、10 月のフランク

フルト会議で報告することとなった。

6.1.3　ITU 及び国際協調

WPT 機器に対して、国際的にも国内的にも明確に割り当てられている周波数帯は無い。しかし、WPT 機器をこれから世界中でどこでも共通に利用できるようにするためには、他の無線システムへの影響を与えないような周波数帯を選び、WPT 機器として利用できる周波数帯を ITU-R や他の国際機関・会合の中で明確化していく必要がある。そこで、図 6.1.3-1 に示すようなシナリオに基づいた活動を実施している。以下にその具体的な動向・活動内容について説明する。

ITU-R SG1（無線システムの周波数管理を担当する会合）

ワイヤレス電力伝送のための周波数獲得、制度についての国際協調（レポートもしくは勧告の作成）

・2014年6月のSG1会合においてReport ITU-R SM.2303 (WPT.NON-BEAM)が承認
・2013年6月のWP1A会合においてCorrespondence Group-WPTが設立

アジア太平洋地区無線関係主管庁会合（ＡＷＧ会合）

アジア・太平洋各国の無線通信系政府機関（日本は総務省）が主体で参加

周波数・制度化条件などをアジア・太平洋地区レベルで合意、ITU-Rへの提案

・2014年3月の会合においてWPT "Survey Report" を承認し、暫定WPT新レポートとともにリエゾンに添付しITU-Rへ発出

日韓中標準化団体会合（ＣＪＫ会合）

無線関係の標準化団体会合：ARIB（日本）、TTA（韓国）、CCSA（中国）

周波数・制度化条件などについて日韓中で情報交換ならびに合意形成

・2014年4月の会合においてWPT "Technical Report 2"を承認
・2013年4月会合においてWPT-WGが設立

BWF−TTA会合(2013年4月まで)

ワークショップ、標準化および制度化に関する情報交換、"Technical Report"（TR）ドラフト作成などを実施。2013年4月以降CJKでのWPT-WGに活動を収斂。

ARIB: Association of Radio Industries and Businesses (電波産業会)
TTA: Telecommunications Technology Association (韓国情報通信技術協会)
CCSA: China Communications Standards Association (中国通信標準化協会)

図 6.1.3-1 国際協調に向けたシナリオ

(1) CJK WPT-WG

2011 年より、BWF と韓国 TTA の間で、WPT 機器に関する周波数や制度、標準規格に関する国際協調や情報交換を行ってきた。一方で、日中韓無線通信標準化機関会合（CJK 会合：日本は ARIB 中心、韓国から TTA、中国から CCSA が参加する会合）において、WPT 機器に関する議論の必要性の機運が高まり、前述の TTA と BWF の会合を発展的に組み

入れる形でWPT-WGが2013年4月に発足した。このWPT-WGでは、WPT機器に関する開発や商用化動向などをまとめた「Technical Report 1」を既に作成済であり、2013年6月に開催されたITU-R SG1 WP1A会合へ寄書入力を行っている。また、2014年4月には、WPT機器における候補となる利用周波数帯や他システムとの共用検討まで踏み込んだ「Technical Report 2」が完成・承認された。このレポートは、事前了解の元、2014年3月に開催された上位にあるアジア太平洋地区の政府系組織が参加するAPT Wireless Group (AWG)会合へも入力され、AWGとしてのWPTに関するレポートである「APT Report on WPT」のドラフト版に反映された。2015年3月完成目標の「Technical Report 3」の策定もWPT-WGで合意された。一連のTechncial Report策定作業は日本のエディタシップのもとで推進されている。

(2) APT Wireless Group (AWG)

AWGはWorking Group Technology Aspectの下にTask Group-WPTを2012年4月に設けた。以来、WPT情報のAPTメンバ国での共有と、周波数、周波数共用検討、および人体への高周波暴露などの課題について、ITU-R研究課題Question ITU-R 210-3/1への貢献を目的に活動を行っている。

AWGは2014年3月にWPT調査報告書「APT Survery Report on WPT」を完成、承認し、2014年6月に開催されたITU-R SG1 WP1Aへ入力した。さらに、WPT技術レポート「APT Report on WPT」が2015年3月完成およびITU-R入力目標で作業が進んでおり、このドラフト版も2014年6月に開催されたITU-R SG1 WP1Aへも寄書入力された。

日本は、CJKでの議論をAWGに拡張するとともに、「APT Survery Report on WPT」のエディタを担当したり、総務省でのWPT関連委員会や作業班での審議結果を基にテキストや議論のフレームワークを提案するなど、WPT議論を先導する役割を果たしている。

(3) ITU-R SG1 Working Party 1A (WP1A)

これまで、ITU-R SG1において、マイクロ波による電力伝送に関する寄書入力はあったものの国際的周波数協調等に関する議論はあまり進んでいなかった。しかし、2013年6月に開催された掲記会合において、以下の寄書入力があった。

- 韓国及び米国から、各々別個に、モバイル機器用WPTに関する周波数を特定する勧告 (Recommendation) 草案の骨格の提案 (2014年勧告目標)。
- 日本からWPT技術レポート (Report) 案に向けた作業文書作成の提案。ここで、NON-BEAM (ポータブル機器、EV、家電) WPTとBEAM WPTの二つで構成することを提案し、また、2014年6月にReportを完成させることを目標とし、その後勧告作成に向けた作業を行うことを示唆。
- 日本から総務省の技術試験事務でのWPTシステム (電気自動車充電用、モバイル・デジタル機器充電用) での検討結果を入力。

● 中国からCJK会合での技術報告文書（前述のTechnical Report 1）を入力。

ここで、WPT機器に関する議論の必要性、勧告又はレポート作成作業に取り掛かることが確認され、WP1Aの中にその活動のためのCorrespondence Group（CG-WPT）設立が合意された。CG-WPTとして世界各国の組織・標準化団体などにリエゾン文書を送付するなど、2014年6月の会合でアウトプットを出すべく活動を進めた。

以下、2014年6月のWP1A会合での結果の概要を記す。

同会合へは、日本、韓国からの勧告とレポートの作業文書のテキスト提案をはじめ、APT（AWG）, TTA(CJKメンバを代表)、CISPR, IEC TC100, Alliance for Wireless Power（A4WP）等からWPT詳細検討情報を伴うリエゾンが入力された。

まず、レポートに各国の状況が正しく反映され、その次のステップとして勧告の検討を行うことが確認された。

WP1Aは電気自動車（EV）・モバイル機器・家電用のレポート“NEW REPORT ITU-R SM.[WPT.NON-BEAM]” のドラフトを完成させた。SG1はそれを承認し,”REPORT ITU-R SM.2303”となった。同レポートは日本、韓国の提案テキストをベースにドラフトされ、関連団体からのリエゾンに添付された詳細情報が付加され、出来上がった。日本でのワイヤレス電力伝送作業班での検討周波数もそのまま紹介されている。「標準化状況」にはCISPRによるWPTの放射に関する法制度的見解とICNIRPによる電波からの人体保護に関する内容が盛り込まれた。日本と韓国からは技術紹介、アプリケーション、運用情報、法制度整備の状況が盛り込まれた。特に日本からは周波数共用検討に関するまとめが本文中に、また詳細な測定データの入力がAppendixに採用された。サービス運用の実例としてA4WPから寄せられた情報がAppendixに採用された。

周波数特定のための勧告草案に向けた作業文書“WORKING DOCUMENT TOWARDS A PRELIMINARY DRAFT NEW RECOMMENDATION ITU-R SM.[WPT]”は上述のレポートを参照し、各国が周波数特定の作業を行い、CG-WPTを活用しつつ2015年の会合で勧告化を図ることとした。

CG-WPTは審議を加速するため1年さらに継続することになった。WP1Aは関連標準化機関等に今後の協力要請のためのリエゾンを送付した。また、BEAM-WPT（無線ビームによるワイヤレス電力伝送）については2014年6月会合では入力がなかったため議論を行わなかったが、外部団体へのリエゾン中に寄書依頼を入れることになった。

6.2 各国の規制について

ワイヤレス電力伝送（WPT）システムに対する明確なカテゴリーは諸外国の制度にも存在はしていないが、WPT機器はISM機器の一つであるという解釈のもとに現行制度を適用しているケースが見られる。以下に、米国 FCC 及び欧州における、現状の規制の状況について説明する。

6.2.1 FCC

現行制度において、WPT 機器に対する明確なカテゴリーは存在しないが、認証を受けている例があり、以下のような解釈で利用されている。

9kHz 以上で動作するワイヤレス充電器や給電用パッドなどは“intentional radiators”に分類される。

どのルールが適用されるかは、機器がどのような動作をするか、特に送電器と受電器の間での通信の有無がどうかによる。具体的には以下のようになる。

電力伝送（Charging）機能： Part 18 （Industrial, scientific, and medical equipment）

通信（Communication）機能： 利用する通信方式により Part 15B（Radio frequency devices）、Part 15 C（Bluetooth など）

ただし、同一周波数で電力伝送と通信を行う場合には、Part 15B が適用される。

※FCC KDB 680106（2013 年 5 月 30 日）参照

Publication
Number: 680106 **Rule Parts:** 18, 15B **Publication Date:** 05/30/2013
Keyword: Part 15B, Part 18, Wireless Chargers, Inductive Chargers, Wireless Charging Pads

----

First Category: Equipment Authorization Process *
Second Category: General [Equipment Authorization Process]03/19/2013

Question: What rules regulate short distance wireless inductive coupled charging pads or charging devices?

Answer:
Wireless power transfer devices operating at frequencies above 9 kHz are intentional radiators and are subject to either Part 15 and/or Part 18 of the FCC rules. The specific applicable rule part depends on how the device operates, and if there is communication between the charger and device being charged.

Devices specifically intended for use for wireless power transfer, or inductive charging, require FCC guidance for frequency exposure review. This includes Part 18 devices. The responsible party or manufacturer must seek guidance from the FCC by submitting a wireless charging application inquiry at http://www.fcc.gov/labhelp.

The initial inquiry shall include the following:

1. In the "Subject" line, fill the field as follows: Seeking guidance for wireless chargers;
2. complete product description, including coil diameters , number of turns and current;
3. the rule part(s) the device will operate in and the reasoning for rule part(s);
4. planned equipment authorization procedure;
5. drawings, illustrations;
6. frequencies;
7. radiated power;
8. operating configurations
9. conditions for human exposure [1], and

Intentional radiators transmitting information must be certified under the appropriate Part 15 rules and will generally require an equipment certification, except for special types of devices meeting requirements under Section 15.201 which are subject to verification. A charger may operate in two different modes: charging and communications. It is possible for the device to be approved under Part 18 for the charging mode and Part 15 for the communications mode, if it can be shown that (1) the device complies with the relevant rule parts and (2) the functions are independent. Part 18 consumer devices can be either certified or approved under DoC, only after the required SAR guidance has been given (as noted above ". . . by submitting an inquiry at www.fcc.gov/labhelp" . .) and the necessary test requirements have been completed.

Finally, it is possible that the power charging function could be approved under Part 15 rather than Part 18 if the device meets all of the requirements of the appropriate Part 15 rule.

Attachment 680106 D01 RF Exposure Wireless Charging Apps v02 provides general guidance on the information necessary to determine RF exposure evaluation and compliance requirements when submitting a wireless charging application inquiry.

Attachment List:

680106 D01 RF Exposure Wireless Charging Apps v02

また、電波ばく露に関するガイドライン値を考慮する必要がある。

※KDB 680106 の添付資料（680106 D01 RF Exposure Wireless Charging Apps v02）参照

電力伝送と同一周波数で通信を行わない電力伝送機能のみの機器については、ISM 機

器というカテゴリーに分類されることになる。その場合の、FCC part 18 における試験及び規制値については表 6.2.1-1 にまとめるとおりである。また、放射妨害波の電界強度の規制値を表 6.2-2 に、伝導妨害波の規制値を表 6.2.1-3 に示す。

表 6.2.1-1　FCC part 18 での試験及び規制値

規格	試験項目	試験手順	リミット値
FCC part 18	伝導エミッション	FCC 測定手順　MP-５ 「ISM機器の電波雑音エミッション測定法」	18.307
	放射エミッション		18.305

表 6.2.1-2 FCC part 18 における電界強度の規制値

Equipment	Operating frequency	RF Power generated by equipment (watts)	Field strength limit (uV/m)	Distance (meters)
Any type unless otherwise specified (miscellaneous).	Any ISM frequency	Below 500	25	300
		500 or more	25×SQRT(power/500)	[1]300
	Any non-ISM frequency	Below 500	15	300
		500 or more	15×SQRT(power/500)	[1]300
Industrial heaters and RF stabilized arc welders.	On or below 5,725 MHz	Any	10	1,600
	Above 5,725 MHz	Any	(2)	(2)
Medical diathermy	Any ISM frequency	Any	25	300
	Any non-ISM frequency	Any	15	300
Ultrasonic	Below 490 kHz	Below 500	2,400/F(kHz)	300
		500 or more	2,400/F(kHz)× SQRT(power/500).	[3]300
	490 to 1,600 kHz	Any	24,000/F(kHz)	30
	Above 1,600 kHz	Any	15	30
Induction cooking ranges	Below 90 kHz	Any	1,500	[4]30
	On or above 90 kHz	Any	300	[4]30

表 6.2.1-3 18.307 伝導性試験のリミット値

（全ての電磁調理器及び超音波機器）

Frequency of emission (MHz)	Conducted limit (dBμV)	
	Quasi-peak	Average
0.009–0.05	110	—
0.05–0.15	90–80*	—
0.15–0.5	66 to 56*	56 to 46*
0.5–5	56	46
5–30	60	50

*Decreases with the logarithm of the frequency.

（その他の Part 18 の消費者製品）

Frequency of emission (MHz)	Conducted limit (dBμV)	
	Quasi-peak	Average
0.15–0.5	66 to 56*	56 to 46*
0.5–5	56	46
5–30	60	50

*Decreases with the logarithm of the frequency.

6.2.2　EU

欧州における制度化状況として、ETSI、CENELEC などでの状況を以下に説明する。

欧州の現状

ワイヤレス電力伝送に対する明確な制度はまだない。ETSI・CENELEC などで検討している状況である。ただし、 2012 年 6 月 4 日付公式発表でワイヤレス電力伝送に対して、ETSI TC ERM と CENELEC TC210 への適合を推奨された。

現状、ISM 帯の利用提案が多く見られる。一方で、ISM 帯より低い周波数帯の利用も検討されている。

国別の制度はなく、関係する EN 規格（IEC 規格）が参考になる。

製品化について

「自己宣言」で製品化は可能である。手続きとしては、認証機関に試験を依頼し、「適合証明書」、「Test Report」を出してもらう。「自己宣言書」により CE マークを取得可能である。

EMC/EMI 規格の他に安全性に関する規格にも準拠する必要がある。例えば、IEC 60950（IT 機器）、IEC 60335（家電機器）などである。

製品適合の一般的考え方

R&TTE 指令（Radio and Telecommunications Terminal　Equipment Directive）1999/5/EC が強制適用される。無線機器、電気通信端末及びその付属機器が対象になる。R&TTE 指令への適合判定には R&TTE 指令用の欧州規格を用いる。

R&TTE 指令では下記の 4 つの要求事項が決められている。

Article 3.2 Spectrum Requirement：RF 特性の要求（キャリアレベル・スプリアス周波数マスクなど）

Article 3.1b EMC Requirement: 電磁両立性(EMI/EMS)の要求

Article 3.1a Safety Requirement: 電気安全の要求

Article 3.1a Health Requirement: 人体に対する高周波暴露の安全要求

表 6.2.2-1 には、適用の可能性のある欧州規格の例を示す。ここで、各ケースは以下のような分類になる。

ケース 1：電力伝送部分のみを持つ装置。充電器と充電受信機器の間にデータ通信がない場合は、適切な EMC 規格にて適合評価を行う。

ケース 2：通信制御部分のみを持つ装置。充電器と充電受信機器の間にデータ通信があり、同じ周波数で電力伝送エネルギーがある場合は、R&TTE (SRD)に基づき適切な EN 規格にて適合評価を行う。

ケース 3：電力伝送と通信制御が一つの機器に実装された場合（利用周波数は異なる)。充電器と充電受信機器の間にデータ通信があり、それとは別の周波数で電力伝送エネルギーがある場合は、データ通信については R&TTE (SRD) に基づき評価を行い、充電機能についてはケース 1 に従い EMC 規格で適合

評価を行う。

ここで、補足として、ワイヤレス充電器は CISPR 11(EN 55011) Group 2 に区分されることになった。Group 2 機器としては、9 kHz-400 GHz 周波数帯で意図的に放射する、又はその周波数帯を使用するすべての ISM RF 機器（電磁放射、誘導・容量結合、素材処理、検査・分析、電磁エネルギー移動、するための機器）が含まれる。

表 6.2.2-1　ワイヤレス電力伝送機器への適用の可能性のある欧州規格

ケース	該当指令	周波数範囲	主要要求事項		
			EMF	EMC	無線
1	EMC-D 及び LVD/GPSD	ISM及び非ISM周波数帯 > 9kHz	OJ LVD 一覧表から選定した適用規格	EN 55011 Group 2 （又は該当する場合、より適切なCENELEC規格）	該当無し
2	R&TTE-D	9kHz<周波数帯<30MHz	EN 62311 (EN 62479)	EN 301 489-1/3	EN 300 330
		30MHz<周波数帯<1GHz			EN 300 220
		1GHz<周波数帯<40GHz			EN 300 440
3	EMC-D (ワイヤレス充電器部分)	ケース1のルールが適用			
	R&TTE-D (通信部分)	通信技術による (例えば： Bluetooth -> EN 301 489-1/17 ; EN 300 328)			

以下、表 6.2.2-2 に EN55011 が参照している CISPR 11 における ISM 機器に使用される無線周波数 (RF)帯を示す。また、表 6.2.2-3 及び表 6.2.2-4 には 、CISPR 11 における、Group 2 Class A 及び Class B での放射妨害波の磁界強度のリミット値を各々示す。さらに、表 6.2.2-5 及び表 6.2.2-6 には 、CISPR 11 における、Group 2 Class A 及び Class B での伝導妨害波の磁界強度のリミット値を各々示す。

表 6.2.2-2　(CISPR 11)　ISM 機器に使用される無線周波数 (RF)帯
(ITU 指定)

Centre frequency MHz	Frequency range MHz	Maximum radiation limit [b]	Number of appropriate footnote to the table of frequency allocation of the ITU Radio Regulations[a]
6,780	6,765 – 6,795	Under consideration	5.138
13,560	13,553 – 13,567	Unrestricted	5.150
27,120	26,957 – 27,283	Unrestricted	5.150
40,680	40,66 – 40,70	Unrestricted	5.150
433,920	433,05 – 434,79	Under consideration	5.138 in Region 1, except countries mentioned in 5.280
915,000	902 – 928	Unrestricted	5.150 in Region 2 only
2 450	2 400 – 2 500	Unrestricted	5.150
5 800	5 725 – 5 875	Unrestricted	5.150
24 125	24 000 – 24 250	Unrestricted	5.150
61 250	61 000 – 61 500	Under consideration	5.138
122 500	122 000 – 123 000	Under consideration	5.138
245 000	244 000 – 246 000	Under consideration	5.138

[a] Resolution No. 63 of the ITU Radio Regulations applies.

[b] The term “unrestricted” applies to the fundamental and all other frequency components falling within the designated band. Outside of ITU designated ISM bands, the limits for the disturbance voltage and radiation disturbance in this standard apply.

表 6.2.2-3 (CISPR 11, Group 2 Class A)　磁界強度のリミット値

Frequency range MHz	Limits for a measuring distance *D* in m					
	On a test site *D* = 30 m from the equipment		On a test site *D* = 10 m from the equipment		On a test site *D* = 3 m from the equipment [a]	
	Electric field Quasi-peak dB(μV/m)	Magnetic field Quasi-peak dB(μA/m)	Electric field Quasi-peak dB(μV/m)	Magnetic field Quasi-peak dB(μA/m)	Electric field Quasi-peak dB(μV/m)	Magnetic field Quasi-peak dB(μA/m)
0,15 – 0,49	–	33,5	–	57,5	–	57,5
0,49 – 1,705	–	23,5	–	47,5	–	47,5
1,705 – 2,194	–	28,5	–	52,5	–	52,5
2,194 – 3,95	–	23,5	–	43,5	–	43,5
3,95 – 20	–	8,5	–	18,5	–	18,5
20 – 30	–	–1,5	–	8,5	–	8,5
30 – 47	58	–	68	–	78	–
47 – 53,91	40	–	50	–	60	–
53,91 – 54,56	40	–	50	–	60	–
54,56 – 68	40	–	50	–	60	–
68 – 80,872	53	–	63	–	73	–
80,872 – 81,848	68	–	78	–	88	–
81,848 – 87	53	–	63	–	73	–
87 – 134,786	50	–	60	–	70	–
134,786 – 136,414	60	–	70	–	80	–
136,414 – 156	50	–	60	–	70	–
156 – 174	64	–	74	–	84	–
174 – 188,7	40	–	50	–	60	–
188,7 – 190,979	50	–	60	–	70	–
190,979 – 230	40	–	50	–	60	–
230 – 400	50	–	60	–	70	–
400 – 470	53	–	63	–	73	–
470 – 1 000	50	–	60	–	70	–

On a test site, class A equipment can be measured at a nominal distance of 3 m, 10 m or 30 m. A measuring distance less than 10 m is allowed only for equipment which complies with the definition given in 3.10.

At the transition frequency, the more stringent limit shall apply.

[a] The limits specified for the 3 m separation distance apply only to small equipment meeting the size criterion defined in 3.10.

表 6.2.2-4（CISPR 11, Group 2 Class B）　磁界強度のリミット値

Frequency range MHz	Limits for a measuring distance *D* in m				
	Electric field				Magnetic field
	D = 10 m		*D* = 3 m [b]		*D* = 3 m
	Quasi-peak	Average [a]	Quasi-peak	Average [a]	Quasi-peak
	dB(μV/m)		dB(μV/m)		dB(μA/m)
0,15 – 30	–	–	–	–	39 Decreasing linearly with the logarithm of frequency to 3
30 – 80,872	30	25	40	35	–
80,872 – 81,848	50	45	60	55	–
81,848 – 134,786	30	25	40	35	–
134,786 – 136,414	50	45	60	55	–
136,414 – 230	30	25	40	35	–
230 – 1 000	37	32	47	42	–

On a test site, class B equipment can be measured at a nominal distance of 3 m or 10 m. A measuring distance less than 10 m is allowed only for equipment which complies with the definition given in 3.10.

At the transition frequency, the more stringent limit should apply.

a The average limits apply to magnetron driven equipment only. If magnetron driven equipment exceeds the quasi-peak limit at certain frequencies, then the measurement shall be repeated at these frequencies with the average detector, and the average limits specified in this table apply.

b The limits specified for the 3 m separation distance apply only to small equipment meeting the size criterion defined in 3.10.

表 6.2.2-5（CISPR 11, Group 2 Class A）　伝導妨害波のリミット値

Frequency range MHz	Rated input power of ≤ 75 kVA		Rated input power of > 75 kVA [a]	
	Quasi-peak dB(μV)	Average dB(μV)	Quasi-peak dB(μV)	Average dB(μV)
0,15 – 0,50	100	90	130	120
0,50 – 5	86	76	125	115
5 – 30	90 decreasing linearly with logarithm of frequency to 73	80 decreasing linearly with logarithm of frequency to 60	115	105

At the transition frequency, the more stringent limit shall apply.

NOTE 1 Limits only apply to Low Voltage (LV) a.c. mains input ports.

NOTE 2 For class A equipment with a rated power ≤ 75 kVA intended to be connected solely to isolated neutral or high impedance earthed (IT) industrial power distribution networks (see IEC 60364-1), the limits defined for group 2 equipment with a rated input power > 75 kVA can be applied.

a The manufacturer and/or supplier shall provide information on installation measures that can be used to reduce emissions from the installed equipment.

表 6.2.2-6（CISPR 11，Group 2 Class B） 伝導妨害波のリミット値

Frequency range MHz	**Quasi-peak** dB(μV)	**Average** dB(μV)
0,15 – 0,50	66 Decreasing linearly with logarithm of frequency to 56	56 Decreasing linearly with logarithm of frequency to 46
0,50 – 5	56	46
5 – 30	60	50
At the transition frequency, the more stringent limit shall apply.		

付録 A　放射妨害波及び伝導妨害波に関する測定データ

A.1 測定データ

検討対象となっている以下の 4 つの WPT システムに関して、制度化検討のための参考となる放射妨害波及び伝導妨害波に関する測定データについてまとめた。

(1) 電気自動車用 WPT（磁界結合方式）
(2) 家電機器用 WPT①（磁界共鳴方式）
(3) 家電機器用 WPT②（電磁誘導方式）
(4) 家電機器用 WPT③（電界結合方式）

A.2 測定モデル及び測定方法

放射妨害波と伝導妨害波の測定に際し、測定モデルと測定方法については第 3 回作業班会合において決定された測定モデルと測定方法にできる限り合わせた。各測定においての特記事項は、以下の通りである。

(1) 放射妨害波測定（周波数 9kHz～30MHz）
磁界強度をループアンテナにより測定する。電界強度については、磁界強度を平面波領域における特性インピーダンス 120π(=377Ω)で換算することで算出する。

(2) 放射妨害波測定（周波数 30MHz～1GHz）
電界強度をバイコニカルアンテナもしくはログペリアンテナにより測定する。情報は機器への応用が想定される「家電機器用①」と「家電機器用②」については測定周波数を 6GHz まで行う。

(3) 伝導妨害波測定（周波数 9kHz～30MHz）
疑似電源回路網を WPT システムに接続し、WPT システムから電源ケーブルに漏えいする妨害波を測定する。

A.2.1 測定モデル及び測定方法（電気自動車用 WPT）

図 A.2-1 及び図 A.2-2 に電気自動車用 WPT システムにおける放射妨害波の測定方法について示す。図 A.2-1 は周波数 9kHz～30MHz における磁界強度測定、A.2-2 は周波数 30MHz～1GHz における電界強度測定の方法について各々示している。これらの測定方法は CISPR 16-2-3 “Radiated disturbance measurements”を参考に決定されたものである。また、図 A.2-3 には、供試機の設置方法を示す。更に、本測定では、自動車の車体を模擬する模擬車両を利用している。図 A2-4 にはその模擬車両の詳細について示す。図 A.2-5 には、電気自動車用 WPT システムのシステム構成例を示す。ここで、送電電力は、高周波電源の入力電力もしくは 1 次側コイル（送電用コイル）の入力端での電力で定義される。図 A.2-6 には、伝導妨害波の測定方法について示す。

図 A.2-1　電気自動車用 WPT システムにおける放射妨害波の測定方法（9kHz～30 MHz）

オープンサイト又は電波暗室（5面）で測定

【10m又は30m】
（測定困難な場合は3mも可）

アンテナを上下にスイープ

EUTを回転させるとき、測定アンテナとEUTの前面までの距離が10m又は30m（測定困難な場合は3mも可）となるようにする

EUTの配置（上面視）は別紙参照

0.1m
WPTシステム（EUT）
0.1m
電源設備
絶縁支持台
絶縁支持台
ターンテーブル

広帯域アンテナ例
バイコニカルアンテナ
ログペリアンテナ

EUTは、アンテナに対して最大放射角度となるように回転する

異なる試験場での測定結果のばらつきを軽減するための措置を講ずること

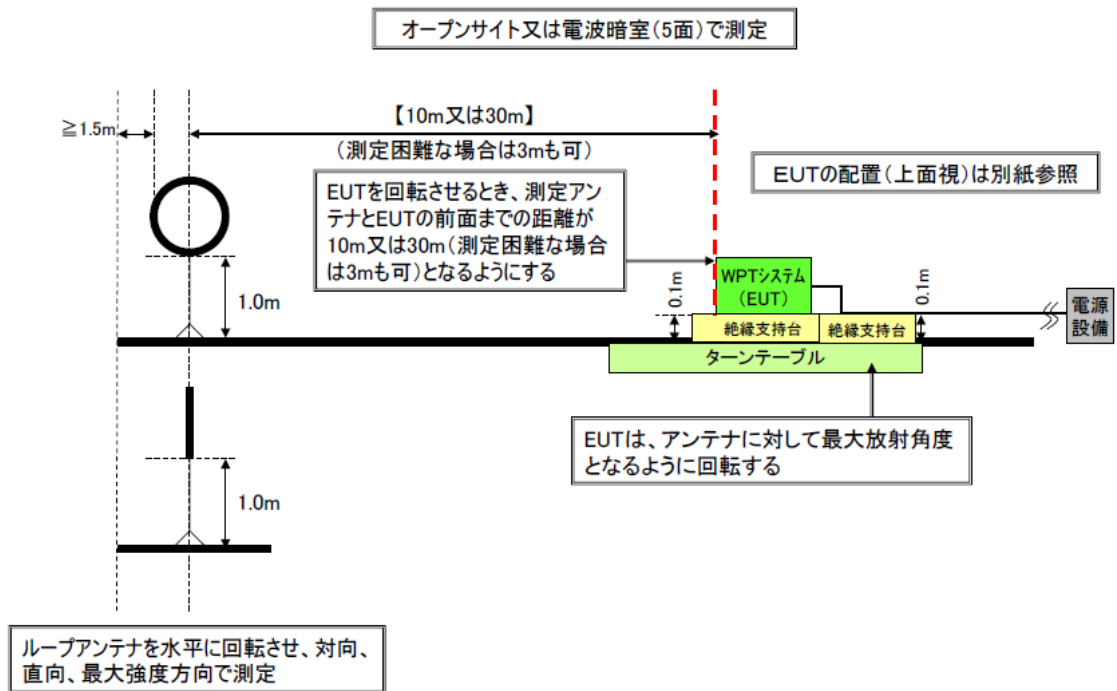
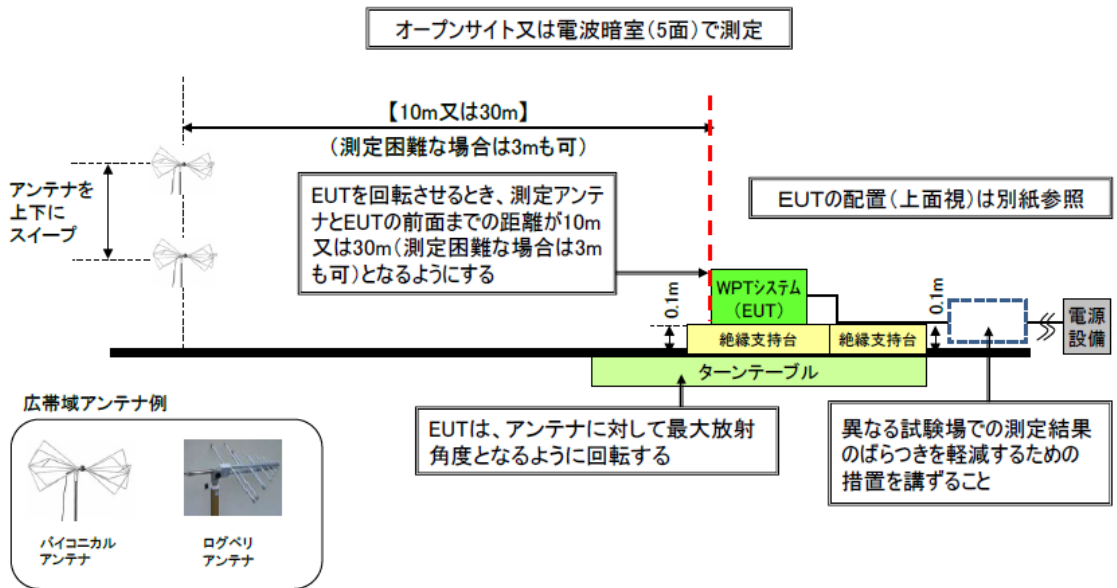



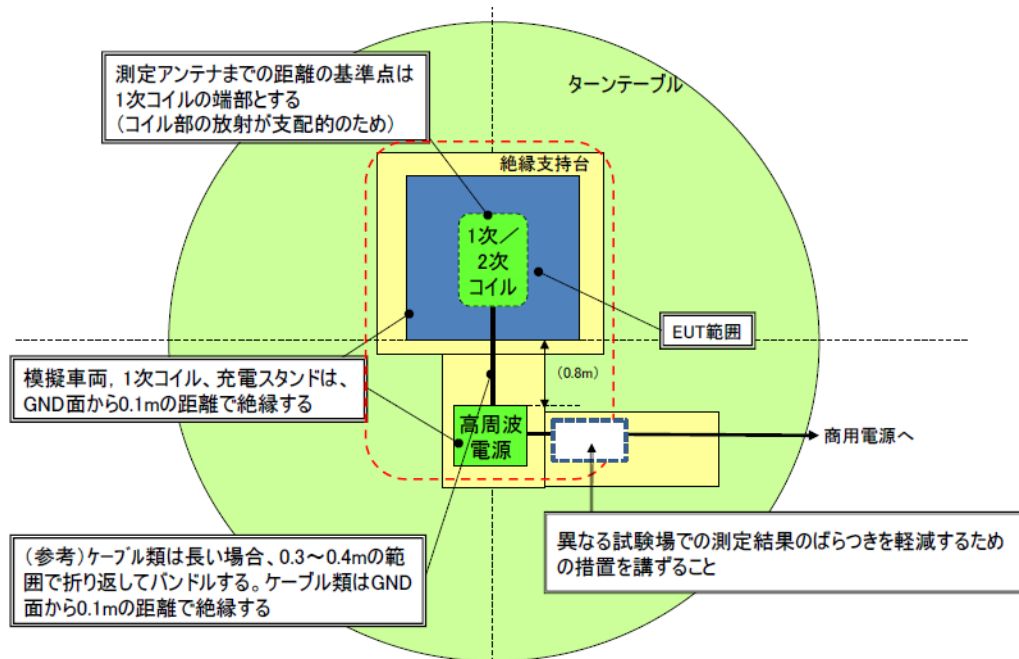
図 A.2-2　電気自動車用 WPT システムにおける放射妨害波の測定方法（30MHz～1GHz）

※CISPR 16-2-3 Radiated disturbance measurements に準じた方法

図 A.2-3　電気自動車用 WPT システムの放射妨害波の測定における WPT システム設置方法

IEC61980（策定中）に提案した台車コンセプト応用

・標準的な車の幅サイズ
・1次，2次コイルの組み合わせ評価可能
・妨害波測定の再現性向上
・1次，2次コイルの位置：製品として利用される範囲
・送電は、2次側があることが前提
（制御のための小電力のやり取りは例外）

(1) Metal Box
(2) Window
(3) Non Conductive Material Support
(4) Coil Set
(5) Load Set

Vehicle system
Metallic
Communication unit
load
Nonmetallic
2nd coil unit
Primary coil unit
Communication unit
Charge equipment
Vehicle system
Primary charging equipment

1700mm
550mm 1000mm 550mm
400mm
1250mm
1700mm
1000mm
250mm
(a) Side View
(b) Top View

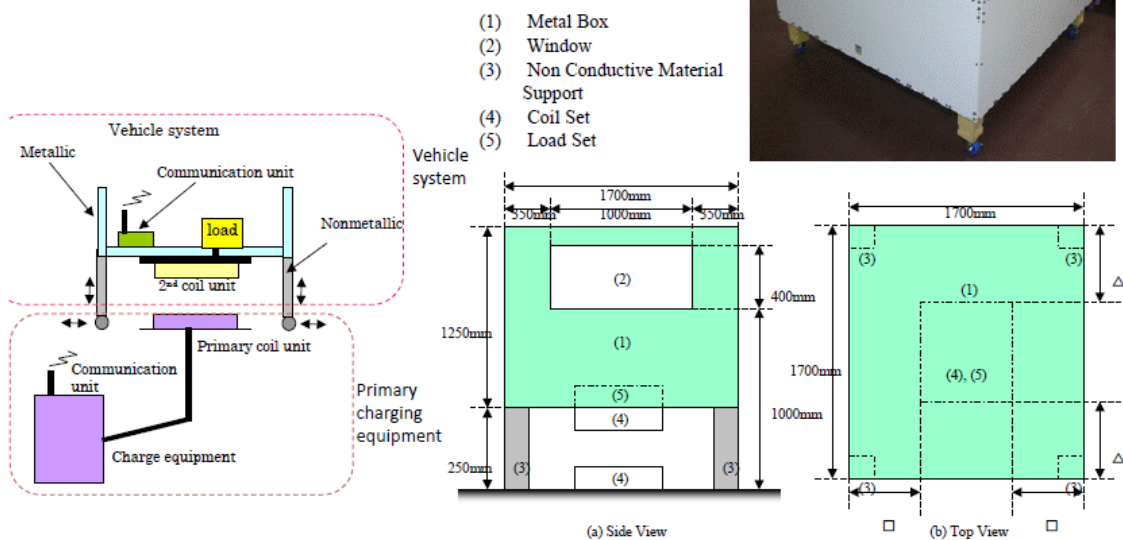



図 A.2-4　模擬車両の構成

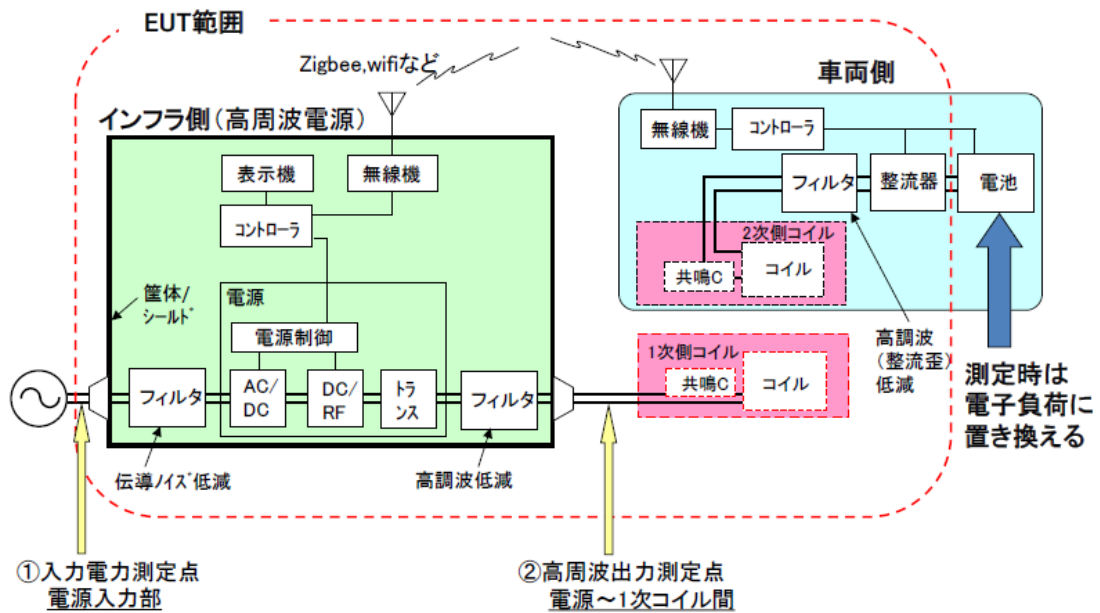



図 A. 2-5　電気自動車用 WPT システムの構成例

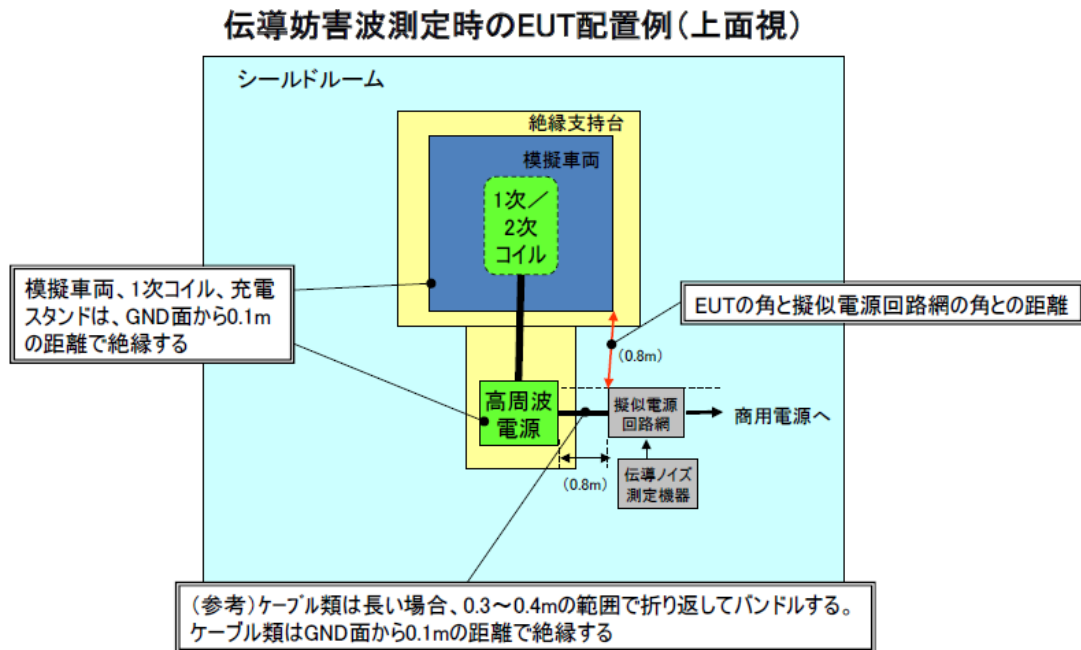



図 A. 2-6　電気自動車用 WPT システムにおける伝導妨害波の測定方法

A.2.2 測定モデル及び測定方法（家電機器用①～③）

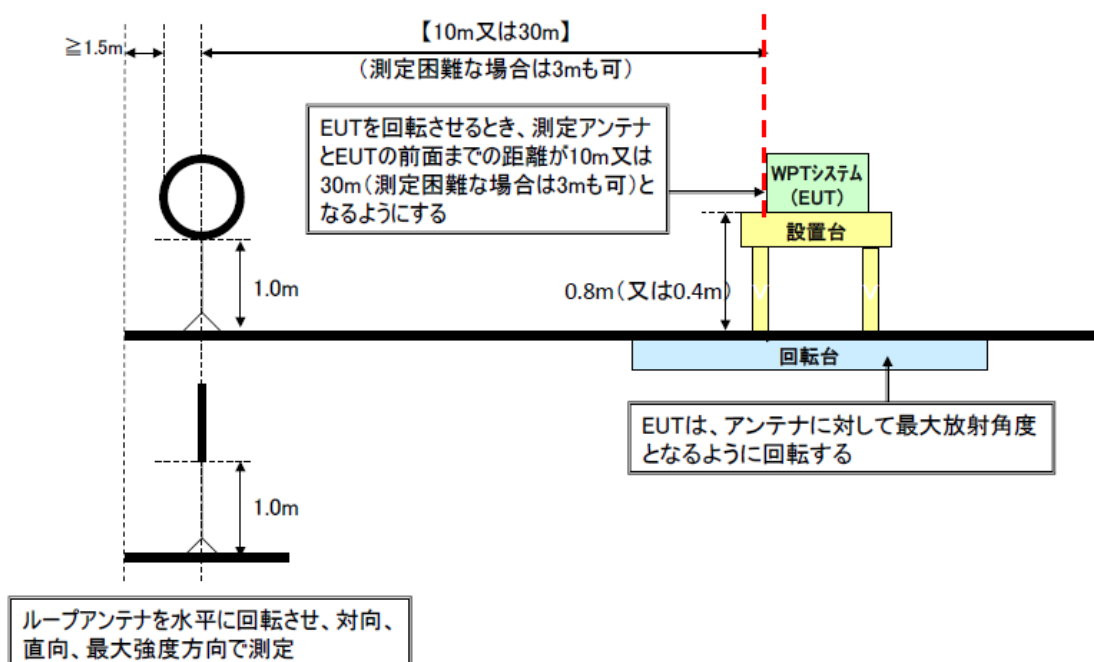
図 A.2-7 及び図 A.2-8 に家電機器用 WPT①～③の用途に用いられる WPT システムにおける放射妨害波の測定方法について示す。図A.2-7 は周波数 9kHz～30MHz における磁界強度測定、A.2-8 は周波数 30MHz～1GHz における電界強度測定の方法について各々示している。ただし、情報機器への応用が考えられる WPT システム①と③については、図 A.2-7 での電界強度測定は周波数帯を 6GHz まで行う。この理由は、家電機器に関しては CISPR 14-1 を、情報機器に関しては CISPR 22 を参考にしていることに関係する。図 A.2-9 には、家電機器用 WPT システムのシステム構成例を示す。ここで、送電電力は、送電システムの入力部もしくは送電システムのコイルもしくは電極内において測定するものとする。図 A.2-10 には、伝導妨害波の測定方法について示す。二つの伝導妨害波の測定方法が挙げられており、どちらか適当な方法を選択して測定を行う。

各製品の利用形態毎に放射レベルが最大となる設置位置、方法で測定する。

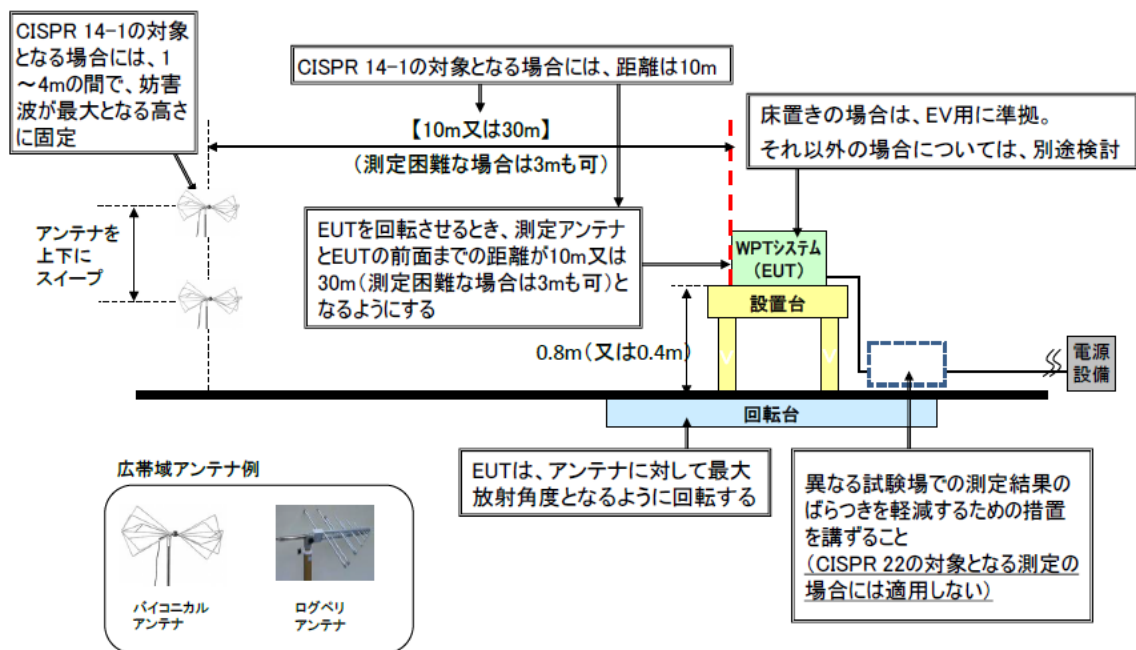
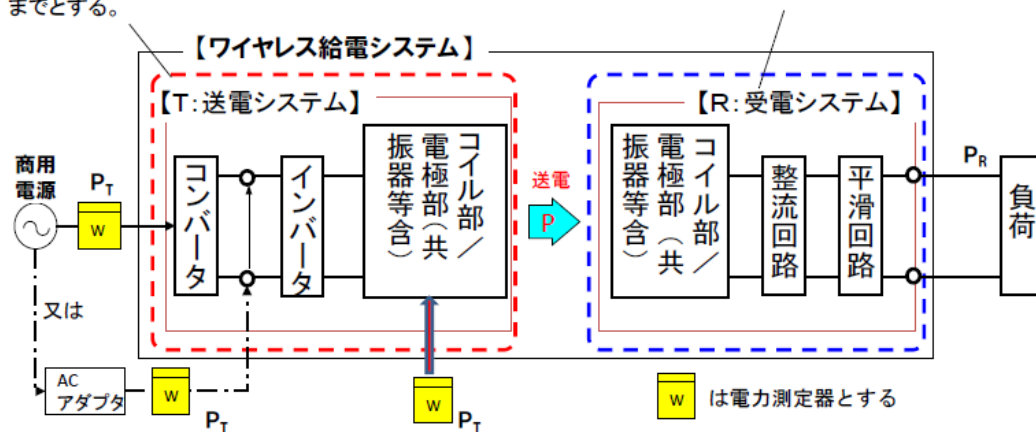
図 A.2-7　家電機器用 WPT システムにおける放射妨害波の測定方法（9kHz～30 MHz）

各製品の利用形態毎に放射レベルが最大となる設置位置、方法で測定する。

図 A.2-8　家電機器用 WPT システムにおける放射妨害波の測定方法（30MHz～1GHz）

送電システムは，電力が入力される部分から，伝送電力を送電する部分(コイル・電極等)までとする。

②受電システム

受電システムは，伝送電力を受電する部分(コイル・電極等)と整流、平滑回路を含む、直流出力端までとする。

③測定方法

・通常使用される商品仕様に示された設置位置・方法で測定する。
・出力電力の測定位置は，送電システムの入力部、または送電システムのコイル部／電極部内とする。
（コイル、電極、共振回路等が含まれる）
・送電システムの入力部での出力電力測定は直流、交流どちらでもよい。
・商品仕様に記載された最大出力で測定する。

図 A.2-9　家電機器用 WPT システムの構成例

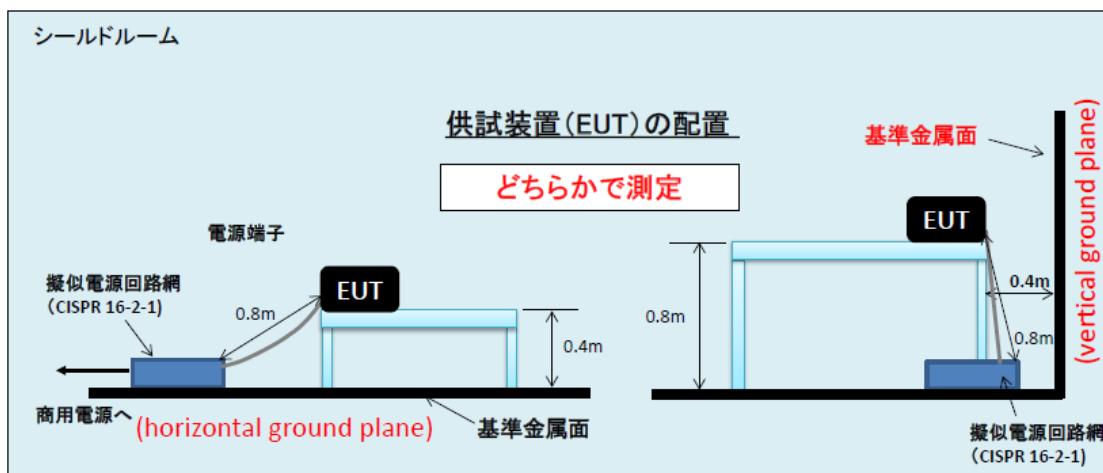
・供試装置は非導電性テーブルの上に設置し、擬似電源回路網に接続して測定する。
・基準金属面からの距離を0.4m、その他金属面からの距離を0.8mとする。

各製品の利用形態毎にノイズレベルが最大となる設置位置、方法で測定する。

図 A.2-10　家電機器用 WPT システムにおける伝導妨害波の測定方法

A.3 放射妨害波の許容値の目標値の設定

放射妨害波の測定に際し、その許容値の目標値を設定した。この目標値の考え方等は第３章に示したとおりであり、ここでは割愛する。

A.4 放射妨害波及び伝導妨害波の測定データ

対象とする WPT システムにおける放射妨害波と伝導妨害波の測定データを以下に示す。ここで測定した WPT システムは実用化段階のものではなく、その前段階として開発もしくは試作された装置である。

A.4.1 放射妨害波及び伝導妨害波の測定データ（電気自動車用 WPT）

(1) 試験装置の概要

表 A.4-1 に示す試験装置①、試験装置②及び測定条件により測定を行った。二つの装置の共通仕様としては、

・送電電力　最大 3kW　（送電電力は送電コイル入力端で規定）
・伝送距離　150mm±50mm
・横ずれ（x 軸方向、y 軸方向）　最大　20mm まで許容
・負荷　電子負荷により最適負荷値を設定
・伝送効率　標準条件で 80%以上（送電インバータの入力 DC と整流回路の出力 DC の比）

である。また、試験装置①の特徴的な仕様等としては、

・周波数　120kHz
・共振子方式　水平巻き（送受コイルは同一設計）
・試験装置のため高調波及び伝導性ノイズに対する対策は行っていない

試験装置②の特徴的な仕様等としては、

・周波数　85kHz
・共振子方式　垂直ソレノイド巻き（送受コイルは同一設計）
・高調波低減化等のためのフィルタを挿入

があげられる。試験装置①と試験装置②の外観について、各々、図 A.4-1、図 A.4-2 に示す。

表 A.4-1 試験装置（電気自動車用 WPT）及び試験条件の概要

対象システム	電気自動車用WPT
電力伝送方式	磁界結合方式
電力伝送周波数	120kHz（装置①、平面型コイル）、85kHz（装置②、垂直ソレノイド型コイル）
電力伝送の範囲 （利用する範囲での伝送距離、位置ずれなど）	伝送距離： 150mm±50mm コイル位置ズレ： 最大200mm
測定時期	2013年12月9日～12月20日
測定サイト	UL Japan 本社EMC試験所（電波暗室） および横輪EMC試験所（オープンサイト）
第3回WPT作業班において承認された測定モデル・測定方法との差異	作業班で確認された方法に準拠
その他（特記事項など）	

図 A.4-1 試験装置①（電気自動車用）

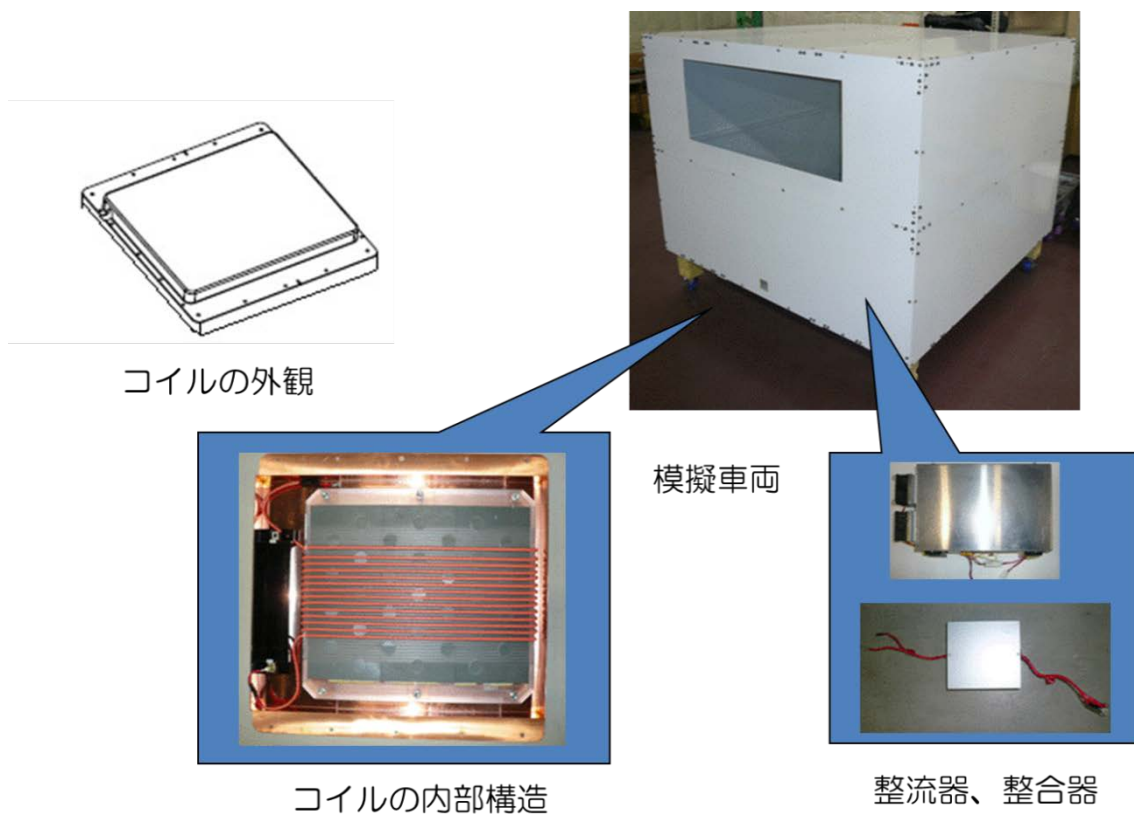



図 A.4-2　試験装置②（電気自動車用）

(2) 放射妨害波の測定データ

各試験装置に関する放射妨害波を電波暗室内で実施した。測定距離は 10m で行い、必要に応じて、30m へ換算した結果を表示している。また、9kHz～30MHz までの測定データに関しては、A.3 で示した許容値の目標値との比較を行っている。図 A.4-3 と A.4-4 には、各々、試験装置①と試験装置②における放射妨害波の 9kHz～30MHz での測定データを示す。この測定結果では、試験装置②については、放射妨害波の磁界強度が WPT 周波数帯及びそれ以外の高周波領域での放射妨害波の目標値以下になっていることがわかる。一方、試験装置①に関しては、WPT 周波数においては目標値以下になっているが、それ以外の高周波エミッションに関しては目標値以下とはなっていない。これは、フィルタ挿入などの高調波対策を実施していないためである。なお、図 A.4-5 には、WPT 周波数の基本波及び高調波の放射妨害波としての磁界強度の測定結果を示す。

図 A.4-6 と図 A.4-7 には、各々、試験装置①と試験装置②における放射妨害波の 30MHz～1GHz での測定データを示す。高調波対策を実施している試験装置②の方が、全般的な放射妨害波のレベルが低い。

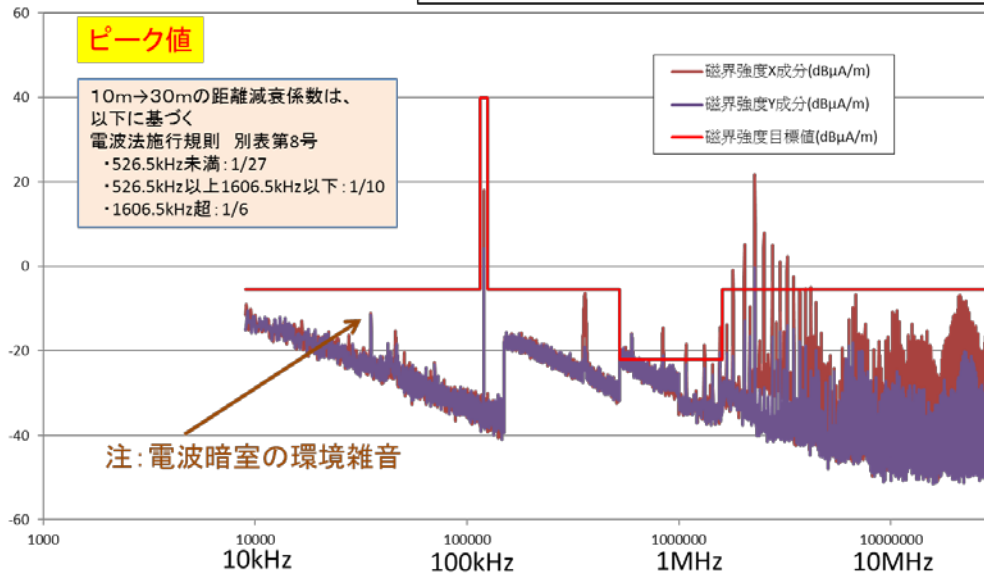
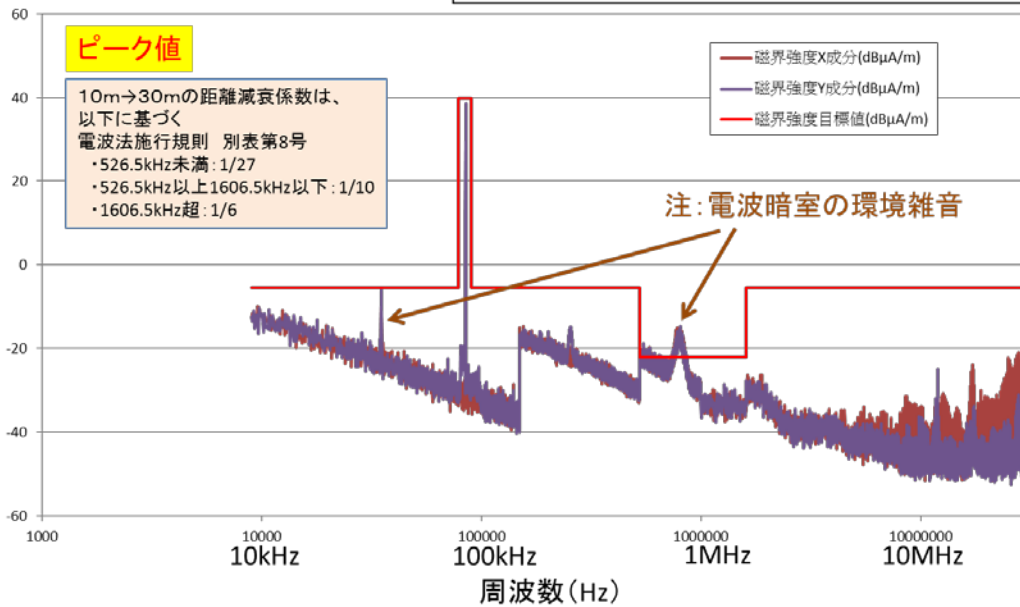



図 A.4-3　試験装置①の放射妨害波の測定データ（9kHz～30MHz，ピーク値）

図 A.4-4　試験装置②の放射妨害波の測定データ（9kHz～30MHz，ピーク値）

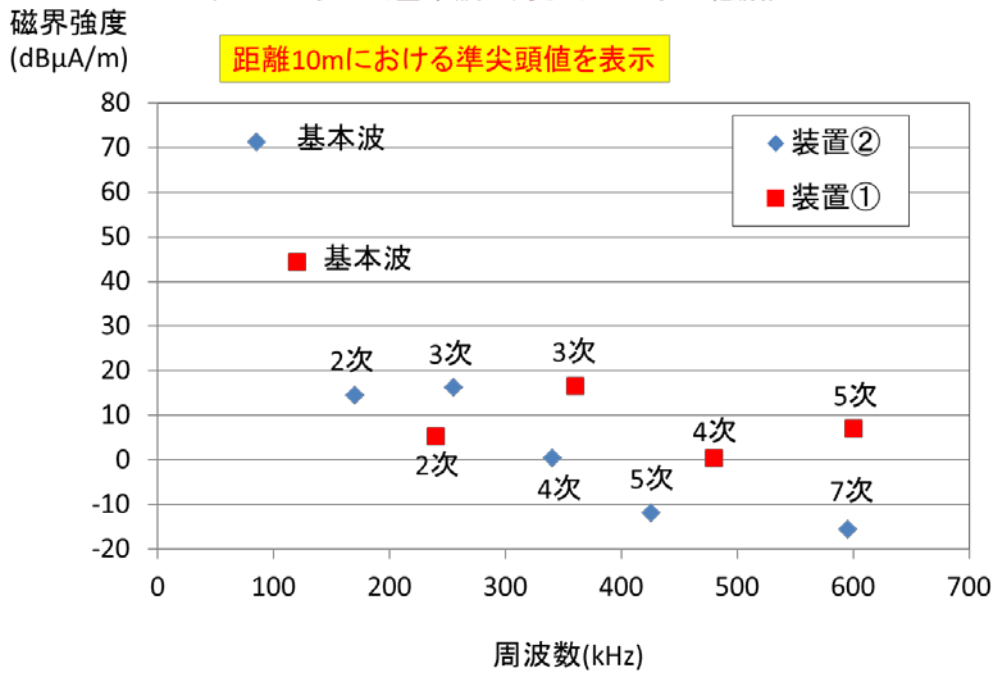



図 A.4-5　基本波及び高調波の測定結果

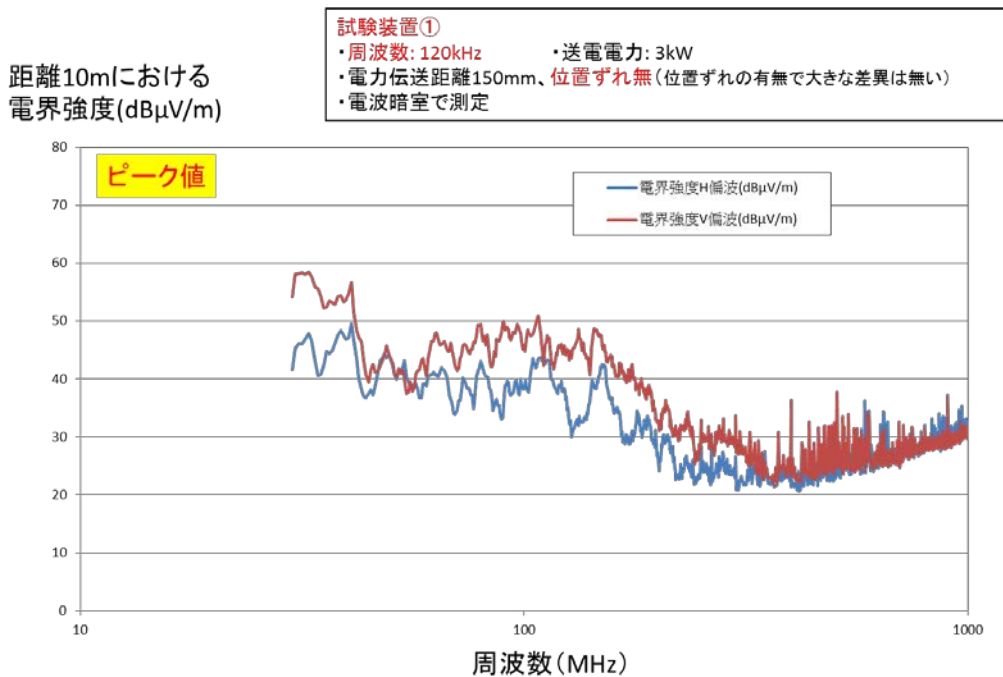



図 A.4-6　試験装置①の放射妨害波の測定データ（30MHz～1GHz，ピーク値）

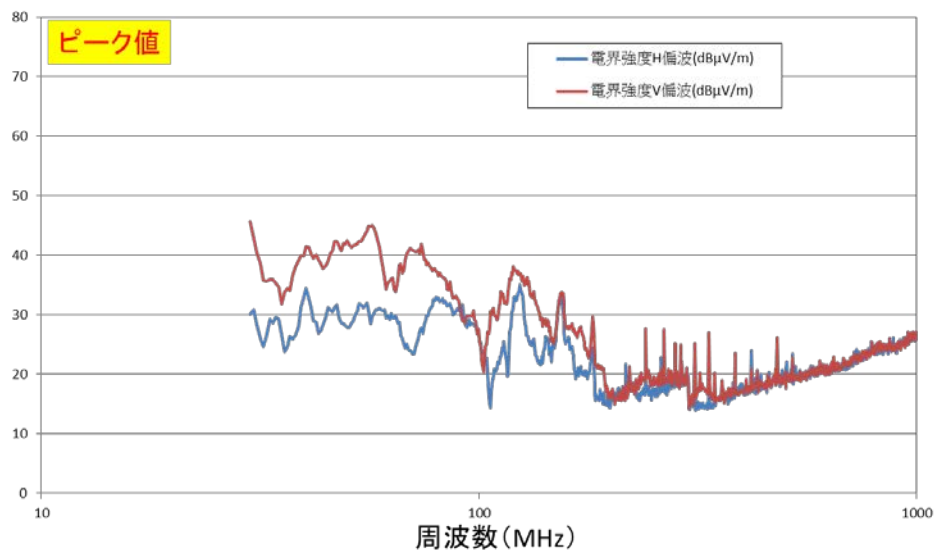



図 A.4-7　試験装置②の放射妨害波の測定データ（30MHz～1GHz, ピーク値）

(3) 伝導妨害波の測定データ

図 A.4-8 と図 A.4-9 には、各々、試験装置①と試験装置②における伝導妨害波の測定データを示す。高調波対策を実施効果はここでも見られ、試験装置②の方が、全般的な伝導妨害波のレベルが低い。

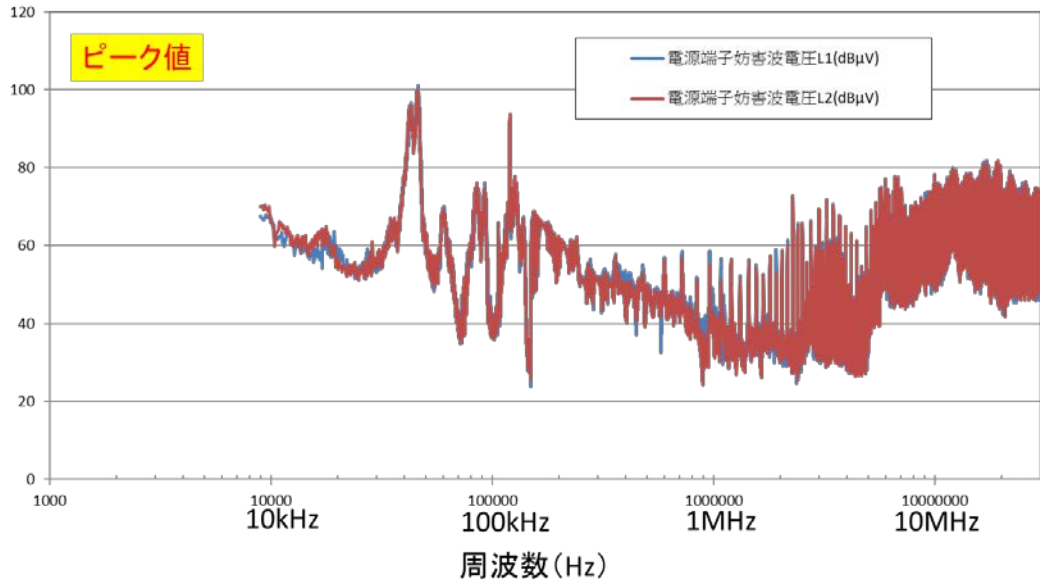



図 A. 4-8　試験装置①の伝導妨害波の測定データ（9kHz～30MHz，ピーク値）

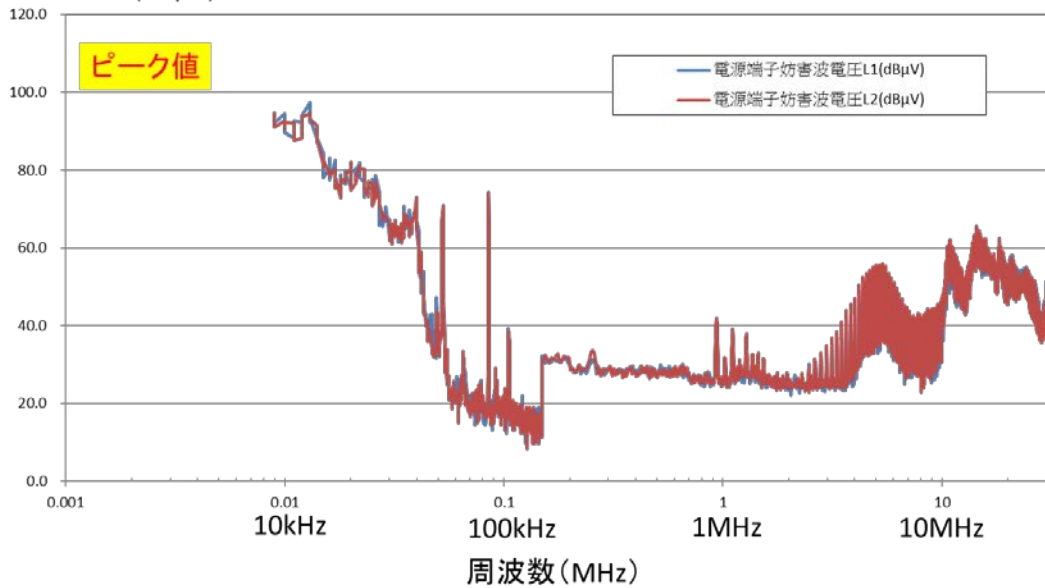



図 A. 4-9　試験装置②の伝導妨害波の測定データ（9kHz～30MHz，ピーク値）

A.4.2 放射妨害波及び伝導妨害波の測定データ（家電機器用 WPT①）

(1) 試験装置の概要

表 A.4-2 に示す試験装置及び測定条件により測定を行った。試験装置の共通仕様等としては、

・試験装置の用途は産業向け IT 装置
・磁界共鳴方式、コイル直径 60～85mm 程度
・送電電力　16.8W　（送電電力は送電器 DC 入力で規定）
・伝送距離　最大数 cm
・横ずれ　　最大数 cm
・伝送効率　60～70%程度（設定条件により異なる）

である。試験は 16.8W 送電で実施しているが、測定データは送電電力 100W として換算したものを表示している。なお、高調波対策は未実施である。試験装置に利用されたコイル部の構成例を図 A.4-10 に示す。

表 A.4-2 試験装置（家電機器用 WPT①）及び試験条件の概要

対象システム	モバイル機器向け磁界結合WPT
電力伝送方式	磁界結合方式
電力伝送周波数	6.78MHz
電力伝送の範囲 (利用する範囲での伝送距離、位置ずれなど)	伝送距離： 最大数cm コイル位置ズレ：最大数cm
測定時期	2014年1月14日～1月24日
測定サイト	TELEC本部（電波暗室）および松戸試験所（オープンサイト）
第3回WPT作業班において承認された測定モデル・測定方法との差異	作業班で確認された方法に準拠
その他（特記事項など）	

※実際の測定はIT機器として実装した状態で実施

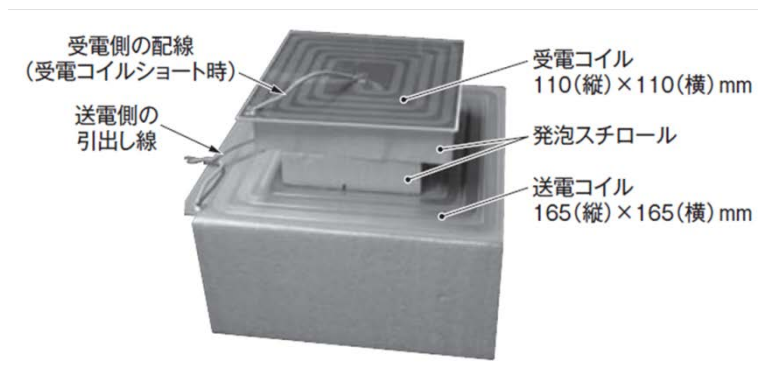



図 A.4-10　試験装置（家電機器用 WPT①）のコイル部の外観

(2) 放射妨害波の測定データ

各試験装置に関する放射妨害波を電波暗室内で実施した。測定距離は 10m で行い、必要に応じて、30m へ換算した結果を表示している。また、9kHz～30MHz までの測定データに関しては、A.3 で示した許容値の目標値との比較を行っている。図 A.4-11、図 A.4-12、図 A.4-13 には、各々、放射妨害波の 9kHz～30MHz、30MHz～1GHz、1GHz～6GHz での測定データを示す。また、図 A.4-14 には WPT 周波数の基本波及び高調波の放射妨害波としての磁界強度の測定結果を示す。以上の結果から、WPT 周波数においては目標値以下になっていることがわかる。また、高調波対策が未実施のため、高調波のレベルは高めである。しかし、フィルタ等の挿入により、目標値以下を達成することは可能と考えられる。更に、1GHz 以上についはて顕著な放射妨害波は見られなかった。

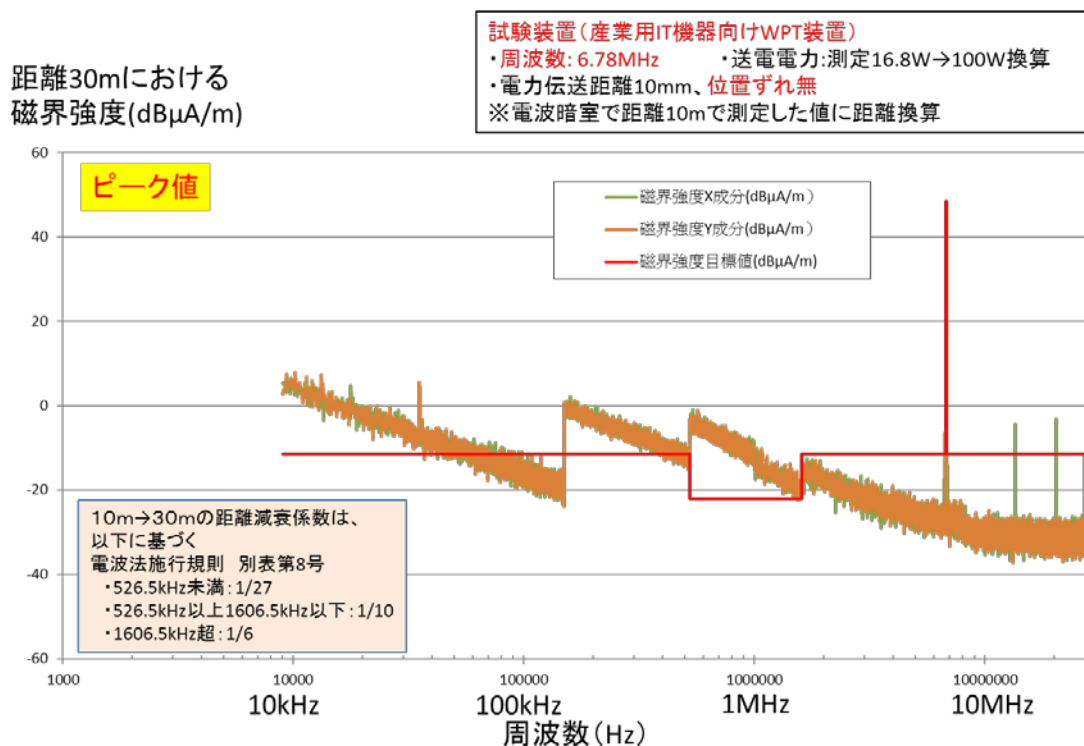



図 A.4-11　試験装置の放射妨害波の測定データ（9kHz～30MHz, ピーク値）

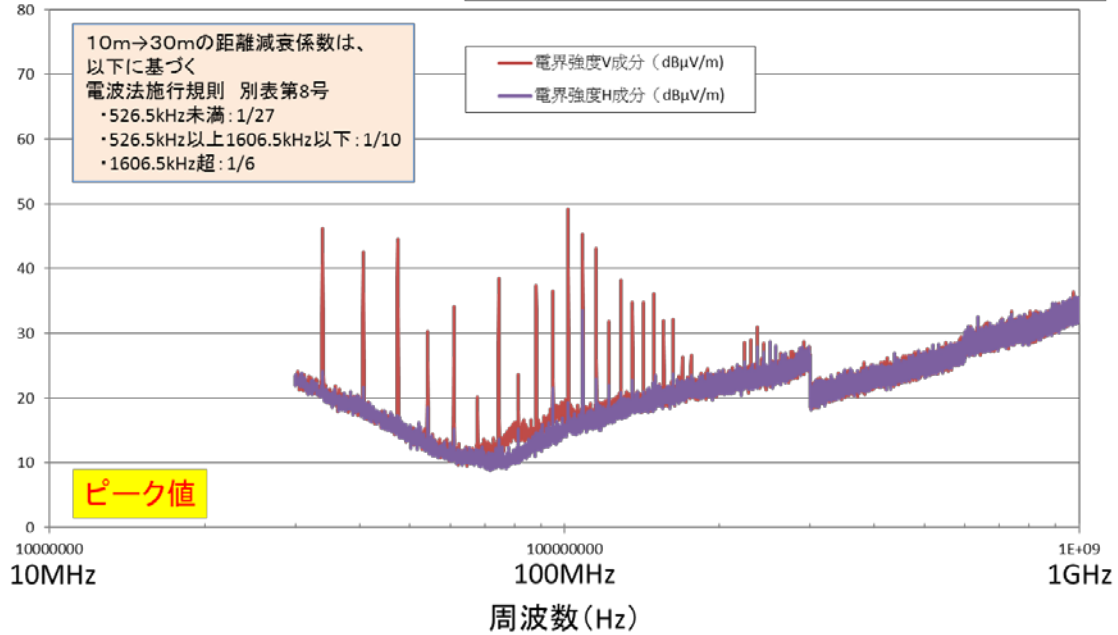



図 A.4-12 試験装置の放射妨害波の測定データ (30MHz～1GHz, ピーク値)

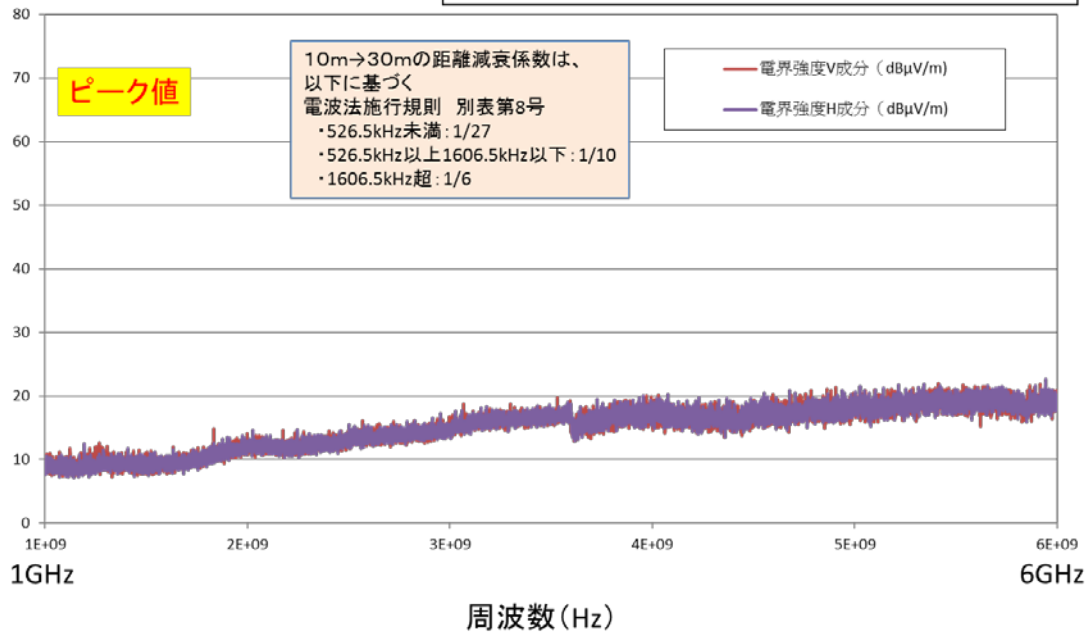



図 A.4-13 試験装置の放射妨害波の測定データ (1GHz～6GHz, ピーク値)

・高調波低減化対策は未実施のため高調波は目標値に対して高い
・位置ずれ有無での変動は無い

距離10mにおける準尖頭値を表示（100W換算値）

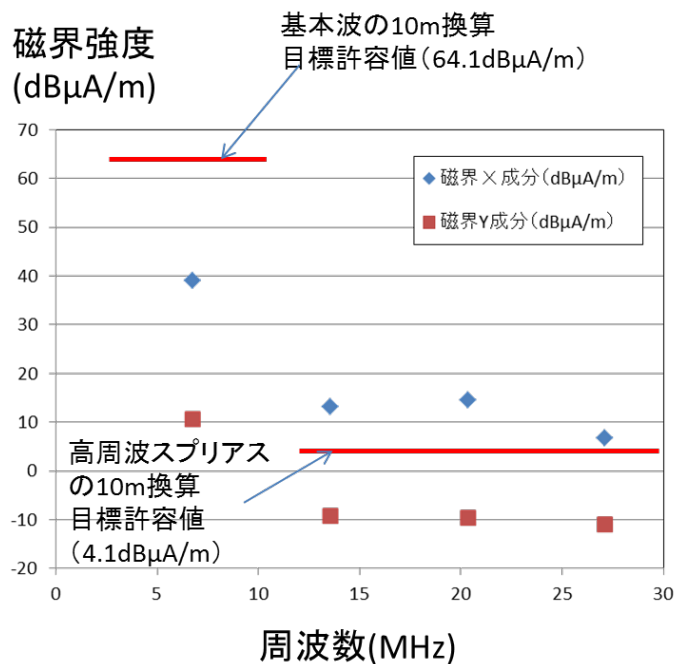



図 A. 4-14　基本波及び高調波の測定結果

(3) 伝導妨害波の測定データ

図 A. 4-15 に、試験装置における伝導妨害波の測定データを示す。基本波及び高調波に対応する伝導妨害波が発生していることが分かる。実用化段階では、このような伝導妨害波を抑圧することが必要であると考えられる。

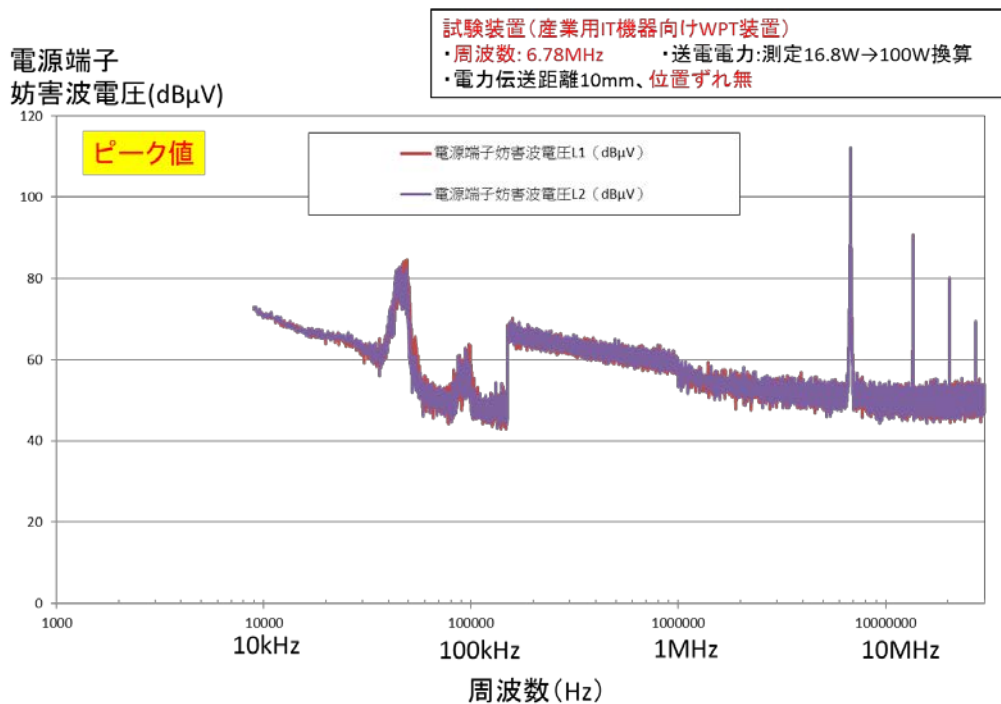



図 A.4-15　試験装置の伝導妨害波の測定データ（9kHz～30MHz, ピーク値）

A.4.3 放射妨害波及び伝導妨害波の測定データ（家電機器用 WPT②）

(1) 試験装置の概要

表 A.4-3 に示す試験装置、測定条件により測定を行った。二つ試験装置①、試験装置②を用いて試験を実施している。試験装置①の仕様等の特徴としては、

- ・コイル①方式（単一コイル方式）を利用
- ・WPT 周波数は 23.4kHz
- ・送電電力は 1.5kW

である。また、試験装置②の仕様等の特徴としては、

- ・コイル②方式（マルチコイル方式）を利用
- ・WPT 周波数は 94kHz
- ・送電電力は 1.2kW

である。コイル①とコイル②については、図 A.4-16 に示す通りである。

表 A. 4-3 試験装置（家電機器用 WPT②）及び試験条件の概要

対象システム	家庭・オフィス機器
電力伝送方式	磁界結合方式
電力伝送周波数	コイル①23kHz　／　コイル②95kHz
電力伝送の範囲 （利用する範囲での 伝送距離、位置ズレなど）	電力伝送距離：約1cm以内 位置ズレ　　：中心を合わせている。(ズレなし)
測定時期	2013年夏季～冬季
測定サイト	放射ノイズ　：オープンサイト その他　　　：電波暗室
第3回WPT作業班において承認された測定モデル・測定方法との差異	特に無し
その他（特記事項など）	特に無し

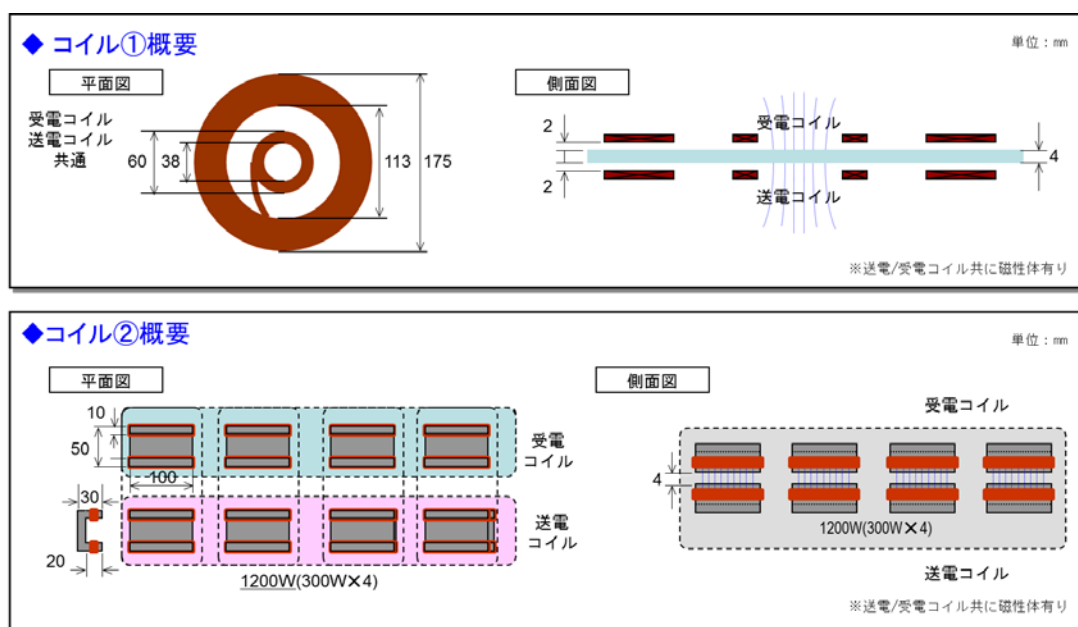



図 A. 4-16　試験装置に用いられているコイル①及びコイル②方式の構成

(2) 放射妨害波の測定データ

各試験装置に関する放射妨害波を電波暗室内で実施した。測定距離は 10m で行い、必要に応じて、30m へ換算した結果を表示している。また、9kHz～30MHz までの測定データに関しては、A. 3 で示した許容値の目標値との比較を行っている。図 A. 4-17、図 A. 4-18 には、各々、試験装置①と試験装置②の放射妨害波の 9kHz～30MHz における測定データを示す。放射妨害波の 30MHz～1GHz における測定は、試験装置①のみで実施しており、その結果を図 A. 4-19 に示す。以上の結果から、WPT 周波数及び高周波スプリアスに関しては目標値以下になっていることがわかる。

図 A.4-17　試験装置①の放射妨害波の測定データ（9kHz～30MHz，準尖頭値）

図 A.4-18　試験装置②の放射妨害波の測定データ（9kHz～30MHz，準尖頭値）

【測定パラメータ明示】
・周波数　：　23.4kHz
・送電電力：　1,500W
・電力伝送距離／位置ズレ：P5の通り
・測定条件（距離、測定アンテナなど）
　オープンサイト：10m，設置台：40cm
　アンテナ：バイコニカルアンテナ(Schwarzbeck製 VHA9103 & BBA9106)

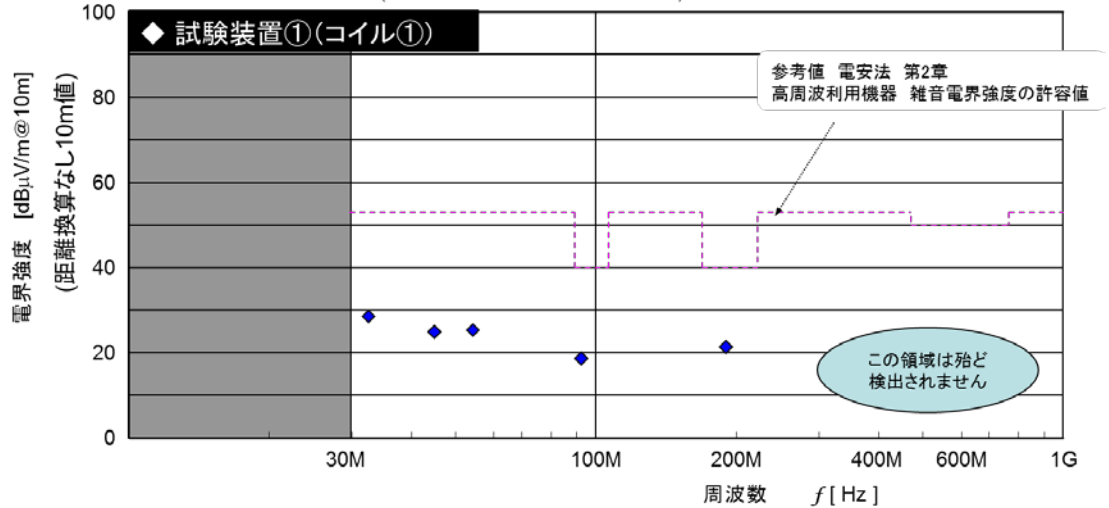



図 A.4-19　試験装置①の放射妨害波の測定データ（30MHz～1GHz, 準尖頭値）

(3) 伝導妨害波の測定データ

図 A.4-20 に、試験装置①における伝導妨害波の測定データを示す。

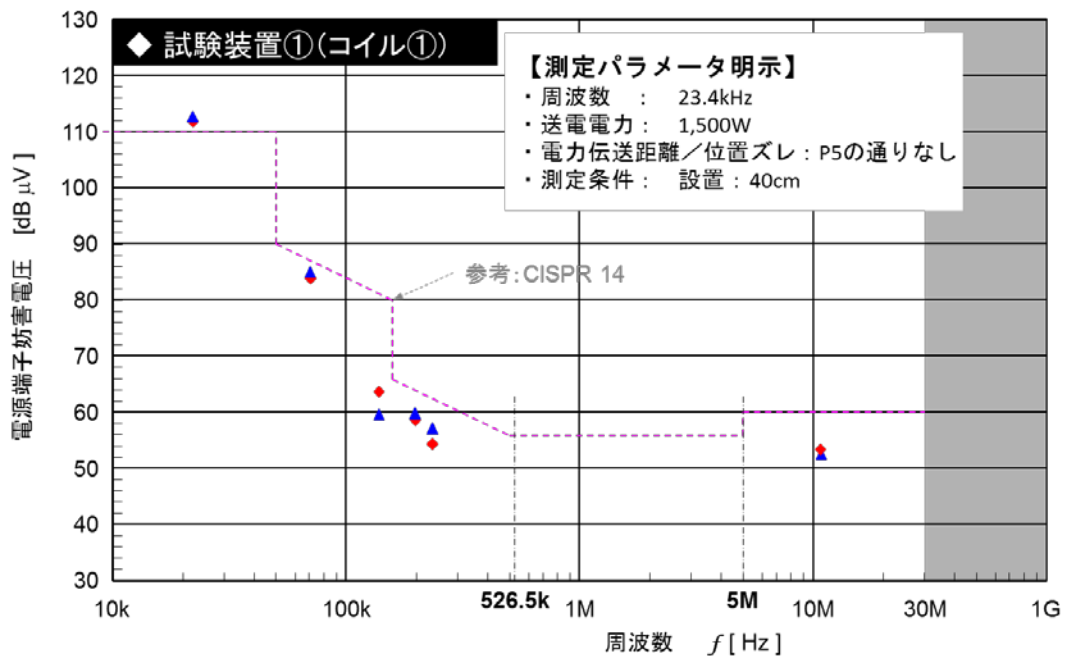



図 A.4-20　試験装置①の伝導妨害波の測定データ（9kHz～30MHz, 準尖頭値）

A.4.4 放射妨害波及び伝導妨害波の測定データ（家電機器用 WPT③）

(1) 試験装置の概要

表 A.4-4 に示す試験装置、測定条件により測定を行った。図 A.4-21 には試験装置の外観を示す。また、図 A.4-22 には試験装置の構成を示す。この試験装置において、WPT 周波数は 493kHz、送電電力は 40W である。更に、この試験装置においては、放射妨害波の抑圧のために対策を実施している。

表 A.4-4 試験装置（家電機器用 WPT③）及び試験条件の概要

対象システム	③モバイル機器
電力伝送方式	電界結合方式
電力伝送周波数	493kHz（希望周波数：480-524kHz）
電力伝送の範囲 （利用する範囲での伝送距離、位置ずれなど）	伝送電力（入力電力）：最大40W、 伝送距離：2mm、 位置ずれ：：±1.0cm
測定時期	2013年12月
測定サイト	装置提供社　施設 ①J1電波暗室　VCCI設備登録番号：A-0180 ②J2電波暗室　VCCI設備登録番号：A-0180 ③J2シールドルーム　VCCI設備登録番号：A-0180 測定設備は次ページの一覧表を参照
第3回WPT作業班において承認された測定モデル・測定方法との差異	特になし
その他（特記事項など）	測定の不確かさ：$U_{lab} < U_{CISPR}$

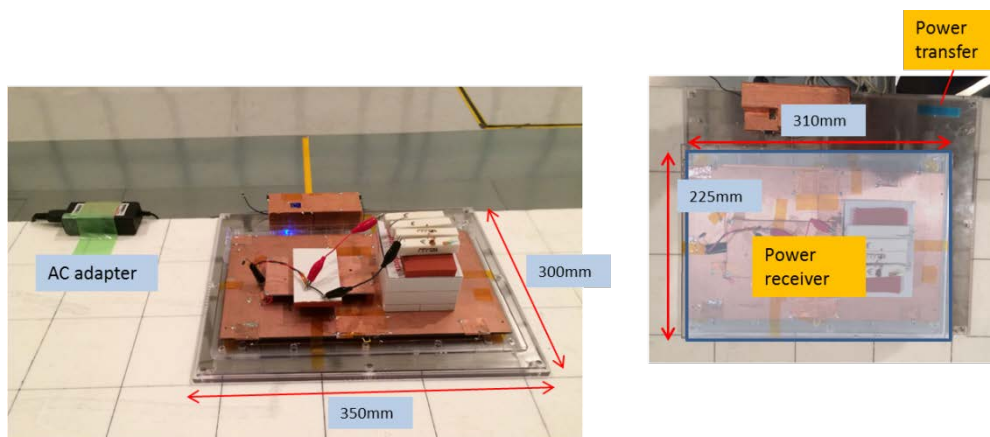



図 A.4-21 試験装置の外観

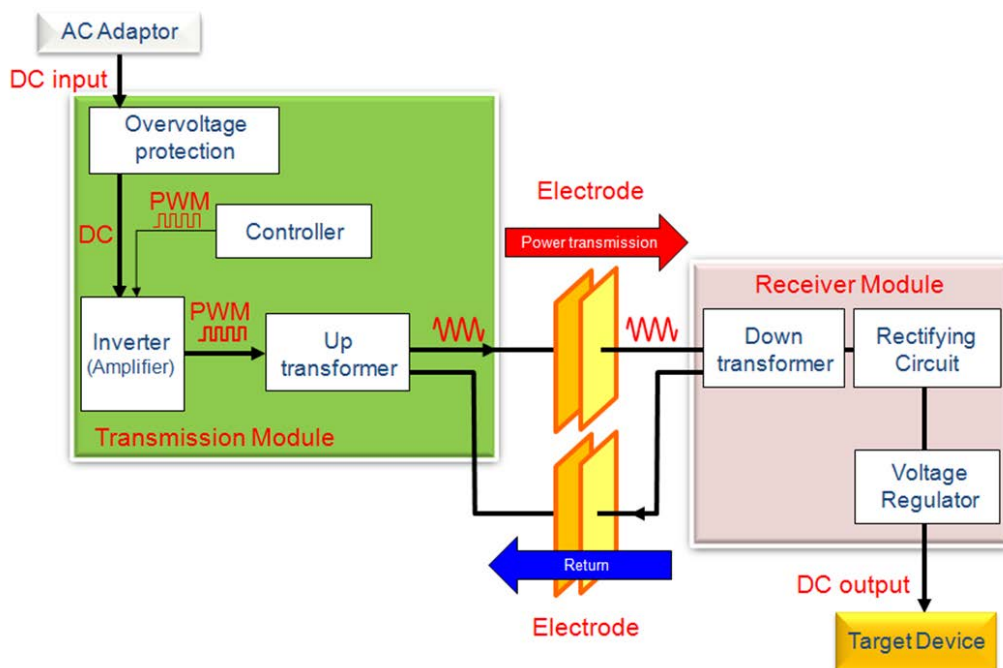



図 A.4-22 試験装置の構成

(2) 放射妨害波の測定データ

各試験装置に関する放射妨害波を電波暗室内で実施した。9kHz～30MHz までの測定データに関しては、A.3 で示した許容値の目標値との比較を行っている。図 A.4-23、図 A.4-24、図 A.4-25 には、各々、この試験装置の放射妨害波の 9kHz～30MHz、30MHz～1GHz、1GHz～6GHz における測定データを示す。以上の結果から、放射妨害波の WPT 周波数成分及び高周波スプリアスはかなり低く抑えられ、目標値以下になっていることがわかる。

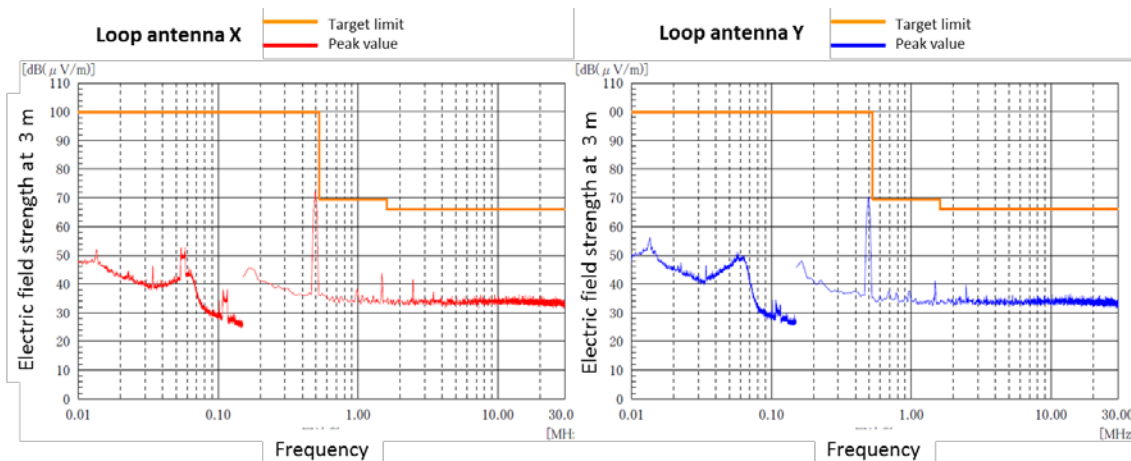



図 A.4-23　試験装置の放射妨害波の測定データ（9kHz～30MHz，ピーク値）

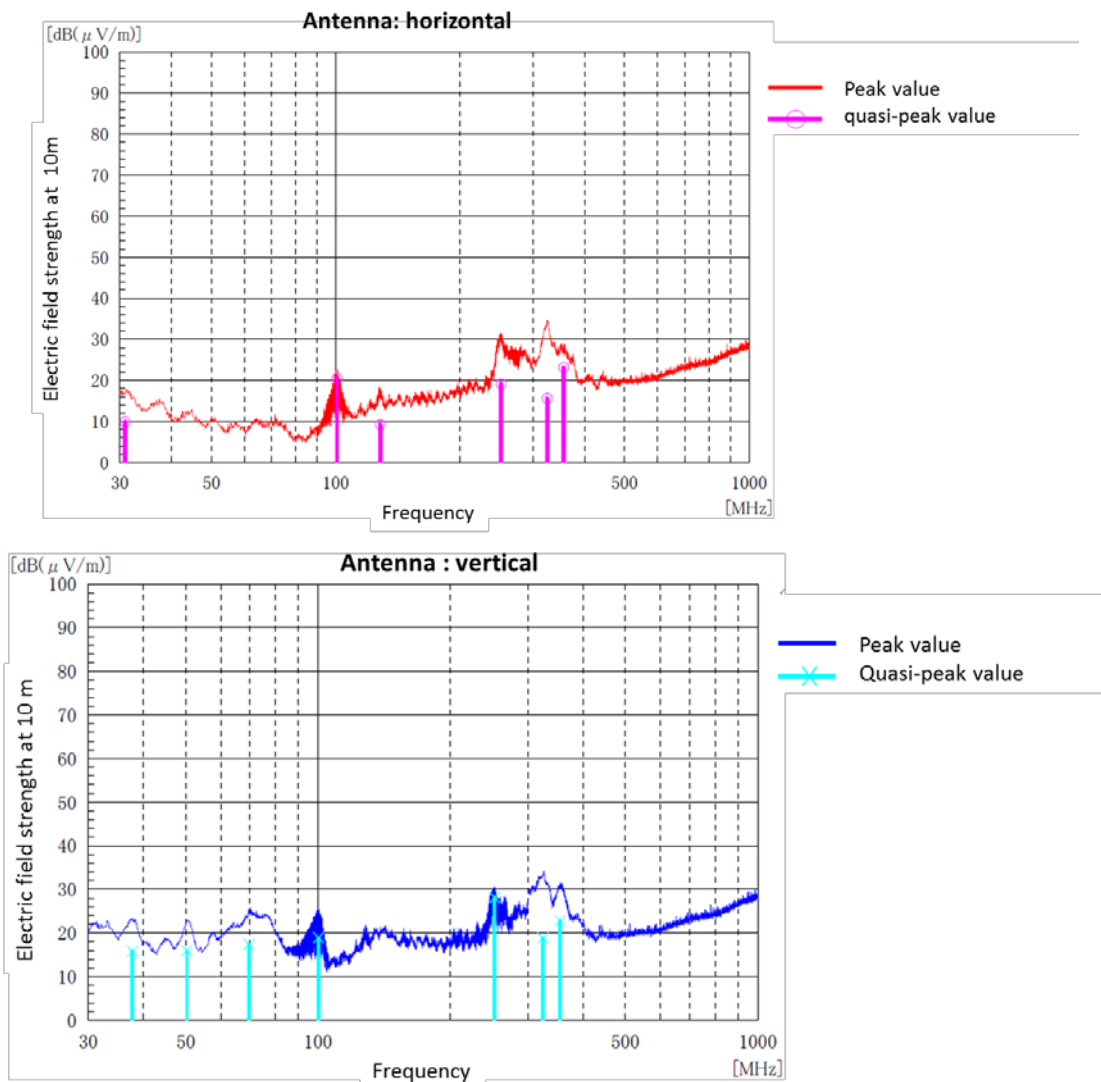



図 A.4-24　試験装置の放射妨害波の測定データ（30MHz～1GHz，ピーク値及び準尖頭値）

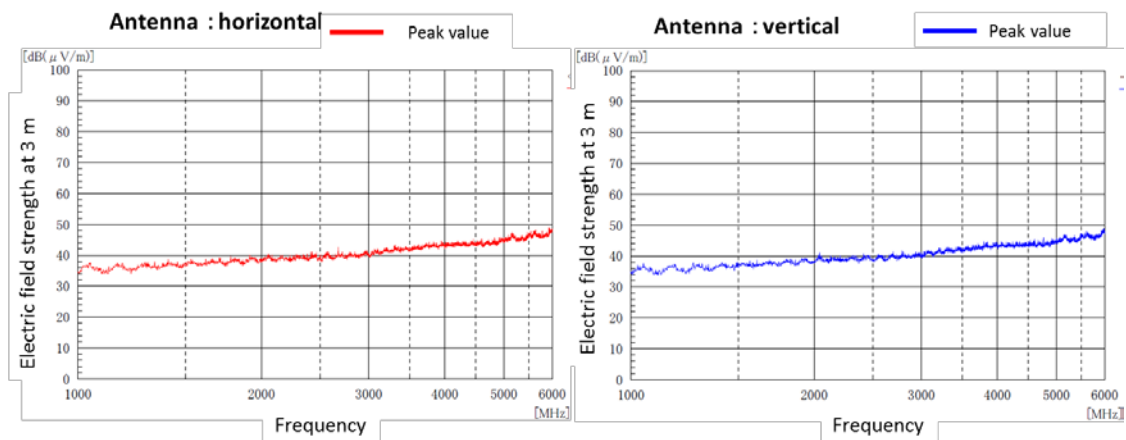



図 A.4-25　試験装置の放射妨害波の測定データ（1GHz～6GHz，ピーク値及び準尖頭値）

(3) 伝導妨害波の測定データ

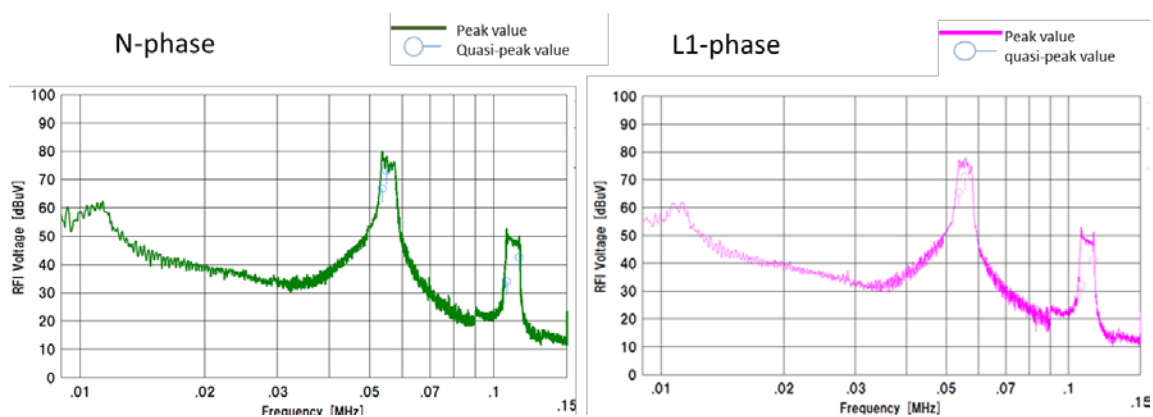
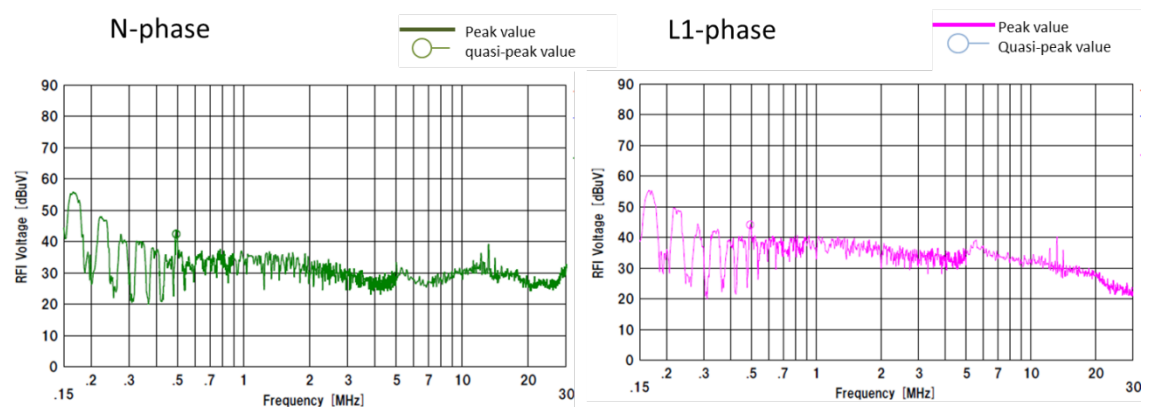
図 A.4-26 に、試験装置①における伝導妨害波の測定データを示す。

(a) 9 kHz – 150 kHz

(b) 150 kHz – 30 MHz

図 A.4-26　試験装置の伝導妨害波の測定データ（ピーク値及び準尖頭値）

付録Ｂ　測定設備

B.1　測定用受信機

放射電磁界強度及び電源端子妨害波電圧の測定に用いる準尖頭値検波器を備えた測定用受信機及び平均値検波器を備えた測定用受信機は、CISPR-16-1-1 を満足すること。[CISPR11 §7.3.1]

1GHz を超える周波数の測定においては、CISPR16-1-1 に定める特性のスペクトラムアナライザを使用すること。[CISPR11 §7.3.1]

B.2　電源端子妨害波測定設備

(1)　測定サイト

電源端子妨害波電圧の測定は次のいずれかの場所で行う。

a) 水平基準大地面又は垂直基準大地面を備える試験場。ここで、基準大地面とは、供試装置の外郭より少なくとも 0.5ｍ広がっており、最小寸法が 2ｍ×2ｍ の大地面であること。

b) 金属大地面を備える放射妨害波試験場。この場合、供試装置は、放射妨害波測定時と同じ装置構成・機器配置とする。

c) シールドルーム内において、シールドルームの床面又は壁面の一つを基準大地面として利用。[CISPR11 §8.2.1]

(2)　擬似電源回路網 (AMN)

電源端子妨害波電圧の測定は、CISPR 16-1-2 に規定する擬似電源回路網を用いて実施すること。

擬似電源回路網は、測定点において供試装置の電源線間に規定の高周波インピーダンスを与え、電源線上の周囲雑音が供試装置に混入しないようにするために必要である。[CISPR11 §7.3.2]

また測定設備へ供給される AC 電源に重畳する雑音は、フィルタにより 9kHz から 30MHz の周波数範囲で十分遮断されていること。

B.3　放射妨害波測定設備

(1)　測定サイト

[CISPR11 §8.3.1 及び§8.4] には注記のとおり規定されているが、外来波によりオープンテストサイトにおいて十分なダイナミックレンジの測定が困難な場合には、30MHz～1GHz において水平偏波及び垂直偏波のサイトアッテネーションが CISPR16-1-4 の表１又は表２のサイトアッテネーション理論値の ±4 dB 以内であることが確認されている 10 ｍの測定距離が確保できる５面電波暗室を測定場として利用してもよい。ただし、疑義ある場合、基本波及び整数高調波の強度測定に関しては、オープンテストサイトにおいて測定した値を参照値とする。

1 GHz を超える周波数の測定は６面電波暗室において、又は５面電波暗室にて金属大地面に電波吸収体を敷いて行う。

－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－

【注記】

§8.3.1　9kHz から 1 GHz に関する放射妨害波の試験場　一般的事項　[CISPR11 §8.3.1]

放射妨害波の試験場は、平坦で、架空線及び近辺に反射物が存在せず、アンテナ、供

試装置及び近辺の反射物を適切に離すことができる十分な広さであること。
　この基準を満足する放射妨害波の試験場は､供試装置及び受信アンテナの位置をそれぞれ焦点とする楕円の範囲内であり、この楕円の大きさは、二つの焦点間の距離の 2 倍に等しい長径と、この距離の 3 の平方根倍に等しい短径を有する。この場合、試験場の境界線上に存在する物体からの反射波の伝搬距離は､この焦点間の直接伝搬距離の 2 倍となる。この試験場の一例を図 B.3.1-1 に示す。
　10ｍ の試験場については、自然大地面に金属大地面を敷設して特性を向上すること。ただし、この金属大地面の一端は供試装置の外郭から少なくとも 1 ｍは外側に広がり、他端は測定用アンテナ及びその支持構造物から少なくとも 1ｍ は広がっていること(図 B.3.1-2 参照)。また、この金属大地面には穴や隙間がないこと。ただし、1 GHz において 0.1λ （約 30 mm）以下の穴は許容される。

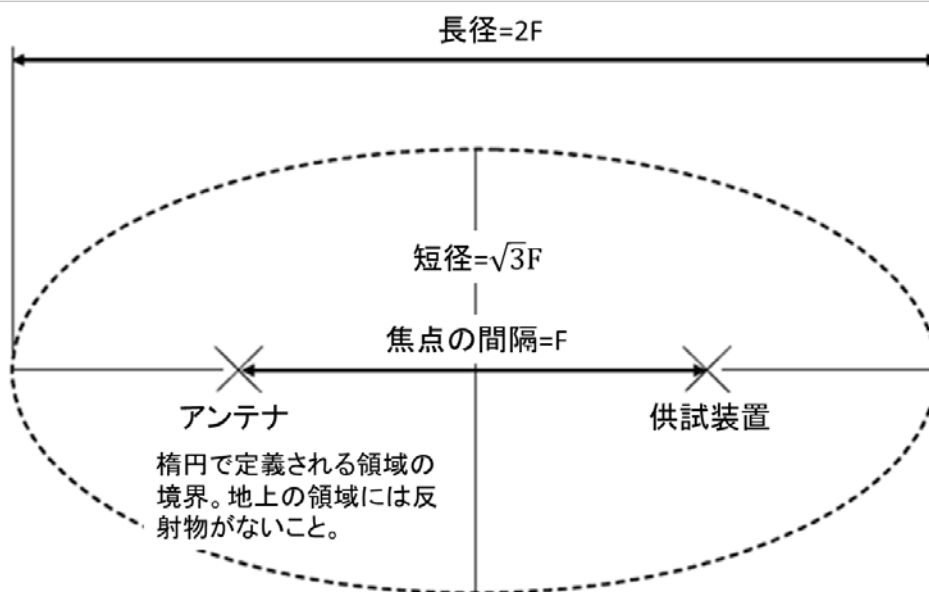



図 B.3.1-1　試験場の一例

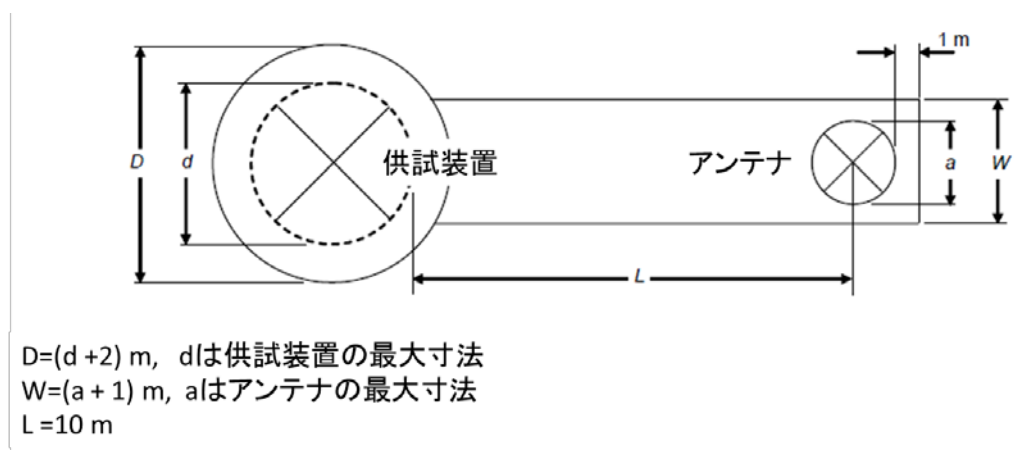



図 B.3.1-2　金属大地面の最小寸法

§8.4　30 MHz から 1 GHz の周波数帯の代替放射試験場　［CISPR11　§8.4］

8.3 節に記述された物理的特性を満たさない放射試験場で測定を実施しても良い場合がある。そのような代替試験場は、妥当な測定結果をもたらすことを示す証拠が必要である。CISPR16-1-4 の 5.7 節に従って測定された水平偏波及び垂直偏波のサイトアッテネーションがCISPR16-1-4の表１又は表２のサイトアッテネーション理論値の ±4 dB以内であれば、その試験場は 30 MHz から 1 GHz の周波数帯の代替放射試験場として使用できる。

－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－

B.4　測定用アンテナ

(1)　30 MHz 以下の周波数帯

30 MHz 以下の周波数では、CISPR 16-1-4 に定める 60 cm 四方の正方形で完全に囲まれる大きさの電気的に遮蔽されたループアンテナを用いること。アンテナを垂直面内に保持し、垂直軸の周りに回転できること。このループの最下端の地上高は 1 m とする。［CISPR11 §7.3.4.1＋CISPR16-1-4 §4.2.1］

(2)　30 MHz から 1 GHz の周波数帯

30 MHz から 1 GHz の周波数では、CISPR 16-1-4 に規定するアンテナを用いること。水平偏波及び垂直偏波の両方で測定を実施すること。なお垂直偏波の測定において、アンテナの最下端の地上高は 0.25 m 以上とすること。［CISPR11 §7.3.4.2＋CISPR16-2-3 §7.2.4］

試験場における測定では、アンテナの中心を地上高 1 m から 4 m の間で昇降して、各測定周波数において最大指示を求めること。なお、供試装置が測定用アンテナのビーム幅の中にある場合には、地上高 1 m で固定して測定してもよい。

(3)　1 GHz を超える周波数帯

1 GHz を超える周波数における測定では、CISPR 16-1-4 に定める校正済みの直線偏波アンテナを用いること。［CISPR11 §7.3.4.3＋CISPR16-1-4 §4.6］

B.5　試験用治具

(1)　試験用模擬負荷

WPT システムを用いる目的は、応用機器本体に内蔵する電池の充電又は本体機器への給電である。前者の充電の場合、電池の充電量により所要充電電流が大きく変化する特性がある。このため、再現性のある測定を実施するため、実際の電池に代えて模擬負荷を試験に導入する。模擬負荷は、充電状態の時間的経過において妨害波発生が最大となる条件に近い条件となるよう供試装置の製造者により用意されるものとする。

(2)　試験用２次装置

供試装置が送電装置単体の場合、試験にあたり対向する受電装置が必要である。このため当該送電装置と互換性ある試験用２次装置を前もって用意し、これを用いて試験を行う。

試験用２次装置は、あらかじめ試験用模擬負荷を接続した状態で妨害波を可能な限り低減するよう注意深く調整し、その特性を記録しておく。供試装置の測定データにはこれを添付する。

(3)　試験用１次装置

供試装置が受電装置単体の場合、試験にあたり対向する送電装置が必要である。このため、当該送電装置と互換性ある試験用１次装置を前もって用意し、これを用いて試験を行う。

試験用１次装置は、あらかじめ妨害波を可能な限り低減するよう注意深く調整し、その特性を記録しておく。供試装置の測定データにはこれを添付する。

(4)　試験用固定治具

電気自動車用 WPT システムの妨害波特性の測定にあたり、受電装置を送電装置１次コイルの上方空間の一定の位置に保持するため、及び車両の電磁気的影響を模擬し測定の再現性を確保するため、実車に代えて模擬車両等の試験用固定治具を使用する。使用した試験用固定治具の仕様は、測定データとともに記録すること。

模擬車両の例としては［IEC 61980-1 Annex B］を参照のこと。

付録C　測定手順

C.1 電源端子における伝導妨害波の測定
(1) 電気自動車用 WPT システム
(ア) 測定時の装置類の配置

付録 B.2(1)に記述した測定サイトのうちの a)放射妨害波試験場において、電源端子における妨害波電圧の測定を行う場合について、以下に記述する。b)及び c)においてもこれに準じて行うこと。

供試装置のうち送電装置は接地面上に絶縁体（厚さ 0.15m 以下(注)）の上に置く。受電装置は試験用固定治具の下面に 2 次コイルを取り付け、試験用固定治具上に整流部を置く。充電電池の代替として模擬負荷を試験用固定治具上に置くこととする。

(注)　電気自動車用 WPT システムは比較的重量が大きいことから、物流用パレットに乗せた状態で試験場に設置することを容認する。様々な規格のパレットが存在するが、国内で流通量の多い JIS 規格の T11 型パレットは 144mm 厚であるので、これを含むサイズを規定した。パレットを利用することにより、ハンドパレットやフォークリフトが利用でき、移送・設置が容易になる。

電源端子における伝導妨害波測定の機器配置例を図 C.1-1 に示す。

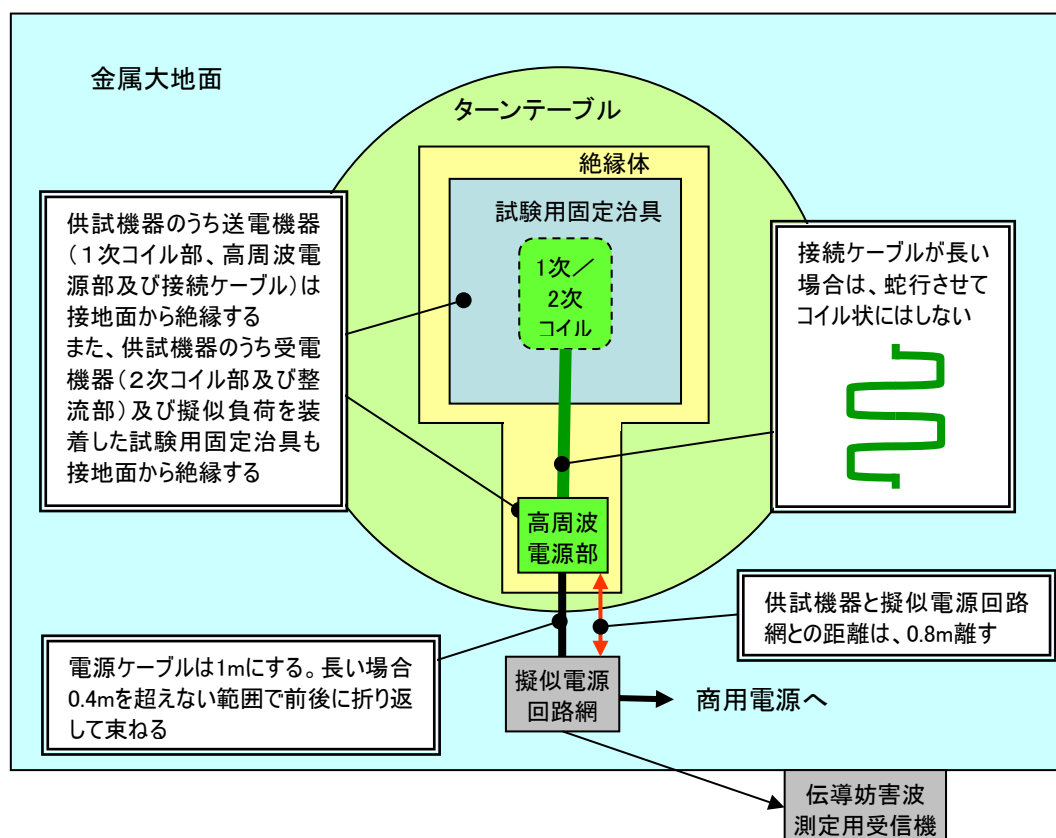



図 C.1-1　電源端子における伝導妨害波測定の機器配置例（上面視）

供試装置は試験場の金属大地面（接地面）上に置くが、接地面とは絶縁し、その他の条件は通常の使用状態に一致させること。供試装置の全ては、他の金属面から少なくとも０.８ｍは離して置くこと。
擬似電源回路網の基準接地端子は、できる限り短い導線を用いて接地面に接続すること。
電源線及び信号線は、接地面に対して実際の使用状態と同じになるように配置し、電磁的な影響が発生しないようにケーブルの配置に注意を払うこと。
供試装置に接地用端子が備わっている場合には、できる限り短い導線を用いて接地すること。接地用端子が無い場合、装置は通常の接続状態、すなわち、電源コンセントを介して接地を行い試験すること。[CISPR11 §8.2.1]

本測定法は、屋外に設置される装置を想定する。すなわち、送電装置が１次コイル部、電源及び制御を行う部分、そして接続ケーブルから構成される場合、接続ケーブルは地面に埋設されるかあるいは接して設置されると想定する。このことから、接続ケーブル端子における妨害波電圧は規定しない。また、機器配置において、ターンテーブル上に機器を展開できるようにするため、長い接続ケーブルはまっすぐ伸ばすのではなく、蛇行させてもよい。

測定設備へ供給される商用電源に重畳する雑音は、フィルタにより 9kHz から 30MHz の周波数範囲で十分遮断されていること。

（イ）周波数 9kHz～30MHz の測定
電源端子における伝導妨害波測定において、試験場の金属大地面を、金属基準大地面とする。

供試装置の1次コイルと2次コイルの離隔距離及び水平面の位置関係は通常の使用状態を想定した機器配置（以下、「基本位置」）とする。

供試装置が送電装置のみである場合、受電装置として試験用２次装置を用いる。一方、供試装置が受電装置のみである場合、本測定は不要である。

測定手順は以下の通りである。
（１）電源を投入。
（２）待機状態にて、測定用受信機をピークホールドモードとし、測定対象の周波数範囲にわたり同調周波数を掃引し、伝導妨害波の存在を探索する。スペクトルのピークが検知されたそれぞれの周波数を記録する。ただし、許容値から 10dB 以上下回らない場合に限る。
（３）ピークが記録された周波数毎に、測定用受信機を準尖頭値測定モードにて妨害波電圧を測定する。同じ状態で、測定用受信機を平均値測定モードにて測定する。これを測定系のノイズフロアーから 6dB を超える主要なピークの周波数毎に繰り返す。
（４）次に、ワイヤレス送電状態にて、前項の測定を繰り返す。
（５）待機状態及び動作状態における電源端子における妨害波電圧の準尖頭値及び平均値を記録したものが測定データとなる。

(2) 家電機器用 WPT システム

(ア) 測定時の装置類の配置

B.2(1)に記述した測定サイトのうちの c)シールドルーム内において電源端子における妨害波電圧の測定を行う場合について以下に記述する。a)及び b)においてもこれに準じて行うこと。

供試装置は金属基準大地面から 0.4 m 離して設置すること。すなわち床面を金属基準大地面とする場合は、0.4 m の非導電性の台の上に供試装置を設置する。また、垂直壁面を金属基準大地面として測定する場合は、0.8ｍの非導電性の台の上に置き、壁面から 0.4ｍの位置にて測定する。送電装置と対向する受電装置の設置条件は通常の使用状態を想定した製造者の申告する「基本位置」とする。

床置形の場合、接地面上に置くが、接地面とは絶縁し、その他の条件は通常の使用状態に一致させること。供試装置の全ては、他の金属面から少なくとも 0.8ｍは離して置くこと。

擬似電源回路網の基準接地端子は、できる限り短い導線を用いて接地面に接続すること。

電源線及び信号線は、接地面に対して実際の使用状態と同じになるように配置し、電磁的な影響が発生しないようにケーブルの配置に注意を払うこと。

供試装置に接地用端子が備わっている場合には、できる限り短い導線を用いて接地すること。接地用端子が無い場合、装置は通常の接続状態、すなわち、電源コンセントを介して接地を行い試験すること。[CISPR11 §8.2.1]

このほか配置の詳細に関しては CISPR16-2-1、及び適用する許容値に対応する CISPR14-1、又は CISPR32 に準拠する。

受電装置の出力は、充電電池に代えて B.5(1)に規定する模擬負荷を接続することができる。ただし、充電制御回路部より強い妨害波が発生する場合があるため、電池を充電する状態でも確認することが望ましい。

なお WPT 機能を内蔵あるいは外付けの形態で利用する応用機器本体（ホスト機器）の利用形態として、本体動作中にワイヤレス充電あるいはワイヤレス給電を行うものの測定は、本体機器を動作させた状態で行うこととする。

測定設備へ供給される商用電源に重畳する雑音は、フィルタにより 9kHz から 30MHz の周波数範囲で十分遮断されていること。

(イ) 周波数 9kHz～30MHz の測定

供試装置の 1 次側機器と 2 次側機器の離隔距離及び位置関係は、通常の使用状態を想定した「基本位置」とする。

供試装置が送電装置のみである場合、受電装置としては試験用 2 次装置を用いる。

供試装置が受電装置のみである場合、本測定は不要である。

測定手順は以下の通りである。

（１）電源を投入。

（２）待機状態にて、測定用受信機をピークホールドモードとし、測定対象の周波数範囲にわたり同調周波数を掃引し、伝導妨害波の存在を検知する。スペクトルのピークが検知されたそれぞれの周波数を記録する。ただし、許容値から 10dB 以上下回らない場合に限る。

（3）ピークが記録された周波数毎に、測定用受信機を準尖頭値測定モードにて妨害波電圧を測定する。同じ状態で、測定用受信機を平均値測定モードにて測定する。これを測定系のノイズフロアーから 6dB を超える主要なピークの周波数毎に繰り返す。

（4） 次に、ワイヤレス送電状態にて、前項の測定を繰り返す。

（5）待機状態及び動作状態における電源端子における妨害波電圧の準尖頭値及び平均値を記録したものが測定データとなる。

C.2 通信端子における伝導妨害波の測定

検討中であり、通信端子における妨害波電圧の測定は行わない。

C.3 放射妨害波の測定

(1) 電気自動車用 WPT システム

(ア) 測定時の装置類の配置

放射妨害波測定の装置配置例を図 C.3-1 に示す。

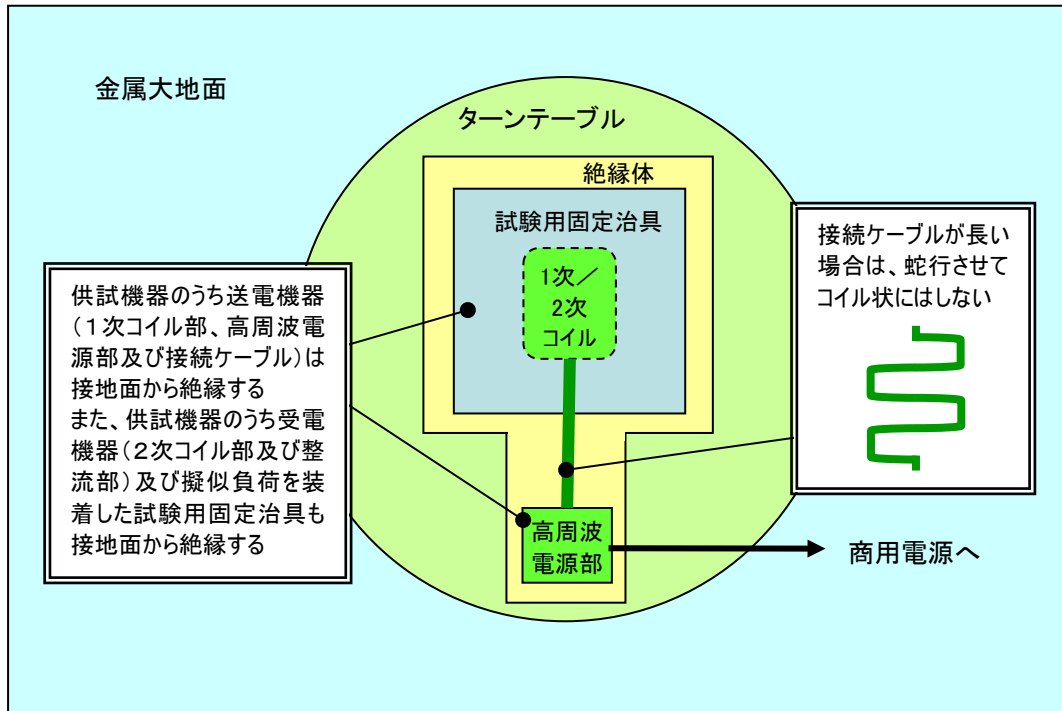



図 C.3-1　電源端子における放射妨害波測定の機器配置例（上面視）

放射試験場のターンテーブル上に供試装置のうち送電装置を展開する。供試装置と大地面の間に絶縁体（厚さ 150 mm 以下）を置く。対向する受電装置は、試験用固定治具の下面に 2 次コイルを取り付け、試験用固定治具上に整流部を置く。充電電池の代替として模擬負荷を受電装置に接続し、試験用固定治具上に置く。試験用固定治具も大地面より絶縁する。

送電装置の 1 次コイルと、受電装置の 2 次コイルの離隔距離及び水平面の位置関係は通常の使用状態を想定した「基本位置」とする。

送電装置が 1 次コイル、電源及び制御を行う部分及びそれらを接続する接続ケーブルからなる場合、接続ケーブルの配置は、以下のようにすること。

接続ケーブルは、それぞれの装置の仕様に定める形式及び長さであること。長さを変えることができる場合には、電界強度測定において最大となる妨害波を発生する長さを選ぶこと。

測定結果一式には、測定結果を再現できるように、ケーブル及び装置の配置を完全に記述したものを添付すること。使用条件が定められている場合には、これらの条件を明確にし、文書化し、使用説明書に記述しておくこと。[CISPR11 §7.5.2]

供試装置が送電装置のみ又は受電装置のみの場合、B.5 に規定するあらかじめ準備した供試装置と互換性を有する試験用 2 次装置又は試験用 1 次装置と組み合わせて測定を

実施する。ただし、この場合、測定の条件を明確に測定結果に記載すること。

参考:[CISPR11 §7.5.2]では、供試装置が他の製造業者の装置と組み合わせてシステムを構成する場合を想定し以下のように規定している。

他の装置と相互に作用してシステムを構成する装置については、全体のシステムを代表するような装置を付加するか又はシミュレータを用いて試験すること。いずれの場合も、供試装置は当該システムの残りの部分又はシミュレータの影響を受けた状態で試験すること。ただし、7.2節に定める周囲雑音条件を満足すること。シミュレータは、ケーブルの配置や型式のみならず、接続点の電気的特性や場合によっては機械的特性について、特に高周波信号やインピーダンスについて、適切に実際の装置の代わりになるものであること。[CISPR11 §7.5.2]

供試装置の規模が大きくターンテーブルを回転させることが困難な場合、あらかじめ想定される水平面内の最大放射方向に 10m 離隔した測定用アンテナがくるように設置する。さらに、以下の CISPR11 の規定も参考とする。

ターンテーブル上に設置しない供試装置については、様々な水平方向に測定用アンテナを配置し、水平及び垂直偏波の各々を測定すること。最大放射方向で測定するように注意を払い、各周波数で最も高いレベルを記録すること。[CISPR11 §8.3.4]

測定設備へ供給される商用電源に重畳する雑音は、フィルタにより 9kHz から 30MHz の周波数範囲で十分遮断されていること。

(イ) 周波数 9kHz～30MHz の測定

ターンテーブル上に置いた供試装置及び試験用固定治具を囲む包絡線の前面より水平距離 10 m の位置に、3.3.2 に規定した測定用ループアンテナをアンテナ下面の高さが 1.0 m となるように設置する。

図 C.3-2　電気自動車用 WPT システムの放射妨害波測定 (9 kHz～30 MHz)

測定手順は以下の通りである。

［基本位置での測定］
（１）送電装置の1次コイルと受電装置の2次コイルを相対させ基本位置に合わせる。
（２）送電装置の電源を投入。
（３）ループアンテナを水平に回転させ、供試装置と対向の方向に設定する。
（４）待機状態にて、測定用受信機をピークホールドモードとし、測定対象の周波数範囲にわたり同調周波数を掃引し、放射妨害波の存在を検知する。スペクトルのピークが検知されたそれぞれの周波数を記録する。ただし、許容値から 10dB 以上下回らない場合に限る。
（５）ピークが記録された周波数毎に、ターンテーブルを回転させ、最大受信方向において測定用受信機を準尖頭値測定モードにて妨害波電圧を測定する。これを測定系のノイズフロアーから 6dB を超える主要なピークの周波数毎に繰り返す。
（６）ループアンテナを供試装置と直向の方向に設定し、（４）～（５）の測定を繰り返す。
（７）次に、ワイヤレス送電状態にて、（３）～（６）と同様の測定を繰り返す。
（８）以上の測定結果を、基本位置での待機状態及び動作状態における放射磁界強度（準尖頭値）として記録する。

［位置ずれ状態における測定］
（９）1 次コイルと 2 次コイルの位置関係をずらし、製造者の申告する電磁波の放射が最大となる条件において（３）～（７）の測定を繰り返す。
（１０）以上の測定結果を、位置ずれ状態における放射磁界強度（準尖頭値）として記録する。

（ウ）周波数 30MHz～1GHz の測定
ターンテーブル上に置いた供試装置及び試験用固定治具を囲む包絡線の前面より水平距離 10 m の位置に、3.3.2 に規定した測定用アンテナをアンテナ昇降支持台に設置する。

図 C.3-3　電気自動車用 WPT システムの放射妨害波測定（30 MHz～1 GHz）

測定手順は以下の通りである。
［基本位置での測定］
（１）送電装置の1次コイルと受電装置の2次コイルを相対させ基本位置に合わせる。
（２）送電装置の電源を投入。

（３）測定用アンテナを供試装置と対向させ水平偏波に設定する。
（４）待機状態にて、測定用受信機をピークホールドモードとし、測定対象の周波数範囲にわたり同調周波数を掃引し、放射妨害波の存在を検知する。スペクトルのピークが検知されたそれぞれの周波数を記録する。ただし、許容値から 10dB 以上下回らない場合に限る。
（５）ピークが記録された周波数毎に、ターンテーブルを回転させ、最大受信方向において、測定用アンテナの高さを１ｍから４ｍの間で変化させ、測定用受信機を準尖頭値測定モードにて最大となる妨害波電界強度を測定する。これを測定系のノイズフロアーから 6dB を超える主要なピークの周波数毎に繰り返す。
（６）測定用アンテナを垂直偏波に設定し、（４）～（５）の測定を繰り返す。なお、このとき測定用アンテナの下端が大地面より 0.25 cm 以下には下げないこと。
（７）次に、ワイヤレス送電状態にて、（３）～（６）と同様の測定を繰り返す。
（８）以上の測定結果を、基本位置での待機状態及び動作状態における放射電界強度（準尖頭値）として記録する。

[位置ずれ状態における測定]
（９）１次コイルと２次コイルの位置関係をずらし、製造者の申告する電磁波の放射が最大となる条件において（３）～（７）の測定を繰り返す。
（１０）以上の測定結果を、位置ずれ状態における放射電界強度（準尖頭値）として記録する。

(2) 家電機器用 WPT システム
(ア) 測定時の装置類の配置

放射試験場のターンテーブル上に置いた 0.8ｍ高の非導電性の台上に供試装置を置く。送電装置と対向する受電装置の設置条件は、製造者の申告する通常の使用状態を想定した「基本位置」とする。

電源線及び信号線は、接地面に対して実際の使用状態と同じになるように配置し、電磁的な影響が発生しないようにケーブルの配置に注意を払うこと。

供試装置に接地用端子が備わっている場合には、できる限り短い導線を用いて接地すること。接地用端子が無い場合、装置は通常の接続状態、すなわち、電源コンセントを介して接地を行い試験すること。[CISPR11 §8.2.1]

このほか配置の詳細に関しては CISPR16-2-3、CISPR14-1、及び CISPR32 に準拠する。

供試装置が送電装置のみあるいは受電装置のみの場合、B.5 に規定するあらかじめ準備した供試装置と互換性を有する試験用２次装置又は試験用１次装置と組み合わせて測定を実施する。ただし、この場合、測定の条件を明確に測定結果に記載すること。

受電装置の出力は充電電池に代えて B.5(1)に規定する模擬負荷を接続する。

なお WPT 機能を内蔵あるいは外付けの形態で利用する応用機器本体の利用形態として、本体動作中にワイヤレス充電あるいはワイヤレス給電を行うものの測定は、本体機器を動作させた状態で行うこととする。

(イ) 周波数 9kHz～30MHz の測定

ターンテーブル上の0.8ｍ高の非導電性の台の上に設置した供試装置の前面より水平距離 10 ｍの位置に、3.3.2 に規定した測定用ループアンテナをアンテナ下面の高さが 1.0 ｍとなるように設置する。

図 C.3-4　家電機器用 WPT システムの放射妨害波測定（9 kHz～30 MHz）

測定手順は以下の通りである。

［基本位置での測定］

（１）送電装置の 1 次側送電面と受電装置の 2 次側受電面を相対させ基本位置に合わせる。

（２）送電装置の電源を投入。

（３）ループアンテナを水平に回転させ、供試装置と対向の方向に設定する。

（４）待機状態にて、測定用受信機をピークホールドモードとし、測定対象の周波数範囲にわたり同調周波数を掃引し、放射妨害波の存在を検知する。スペクトルのピークが検知されたそれぞれの周波数を記録する。ただし、許容値から 10dB 以上下回らない場合に限る。

（５）ピークが記録された周波数毎に、ターンテーブルを回転させ、最大受信方向において測定用受信機を準尖頭値測定モードにて妨害波電圧を測定する。これを測定系のノイズフロアーから 6dB を超える主要なピークの周波数毎に繰り返す。

（６）ループアンテナを供試装置と直向の方向に設定し、（４）～（５）の測定を繰り返す。

（７）次に、ワイヤレス送電状態にて、（３）～（６）と同様の測定を繰り返す。

（８）以上の測定結果を、基本位置での待機状態及び動作状態における放射磁界強度（準尖頭値）として記録する。

［位置ずれ状態における測定］

（９）1 次側機器と 2 次側機器の位置関係をずらし、製造者の申告する電磁波の放射が最大となる条件において（３）～（７）の測定を繰り返す。

（１０）以上の測定結果を、位置ずれ状態における放射磁界強度（準尖頭値）とし

て記録する。

（ウ）周波数 30MHz～1GHz の測定

ターンテーブル上の0.8ｍ高の非導電性の台の上に設置した供試装置の前面より水平距離 10 ｍの位置に、3.3.2 に規定した測定用アンテナをアンテナ昇降支持台に設置する。

図 C.3-5　家電機器用 WPT システムの放射妨害波測定（30 MHz～1 GHz）

測定手順は以下の通りである。

［基本位置での測定］

（１）送電装置の１次側送電面と受電装置の２次側受電面を相対させ基本位置に合わせる。

（２）送電装置の電源を投入。

（３）測定用アンテナを供試装置と対向させ水平偏波に設定する。

（４）待機状態にて、測定用受信機をピークホールドモードとし、測定対象の周波数範囲にわたり同調周波数を掃引し、放射妨害波の存在を検知する。スペクトルのピークが検知されたそれぞれの周波数を記録する。ただし、許容値から 10dB 以上下回らない場合に限る。

（５）ピークが記録された周波数毎に、ターンテーブルを回転させ、最大受信方向において、供試装置が測定用アンテナのビーム幅に入る場合には測定用アンテナの高さを 1m に設置し、入らない場合には測定用アンテナの高さを１ｍから４ｍに変化させ、測定用受信機を準尖頭値測定モードにて最大となる妨害波電界強度を測定する。これを測定系のノイズフロアーから 6dB を超える主要なピークの周波数毎に繰り返す。

（６）測定用アンテナを垂直偏波に設定し、（４）～（５）の測定を繰り返す。

（７）次に、ワイヤレス送電状態にて、（３）～（６）と同様の測定を繰り返す。

（８）以上の測定結果を、基本位置での待機状態及び動作状態における放射電界強度（準尖頭値）として記録する。

［位置ずれ状態における測定］

（９）１次側機器と２次側機器の位置関係をずらし、製造者の申告する電磁波の放射が最大となる条件において（３）～（７）の測定を繰り返す。

（１０）以上の測定結果を、位置ずれ状態における放射電界強度（準尖頭値）として記録する。

(エ) 周波数 1GHz～6GHz の測定

本測定は、WPT 機能を内蔵あるいは外付けで利用する応用機器本体が内部で 1GHz を超える高周波を利用する装置（情報・マルチメディア装置等）であり、本体の動作中にもワイヤレス送電を行うものに関して、本体と一体にして 1GHz を超える放射妨害波を測定する場合に実施する。この場合、WPT システムの測定は、本体機器を動作させた状態で行うこととする。

自由空間を模擬した電波暗室内において、ターンテーブル上の 0.8 m 高の非導電性の台の上に設置した供試装置の前面より水平距離 3 m の位置に、3.3.2 に規定した測定用アンテナを 0.8 m 高に設置する。詳細は［CISPR16-2-3 §7.3］を参照のこと。

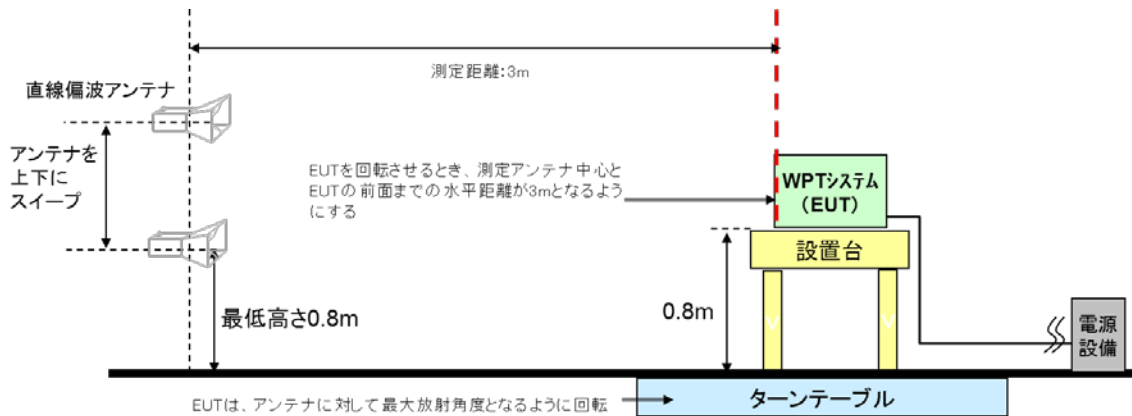



図 C.3-6　家電機器用 WPT システムの放射妨害波測定（1 GHz～6 GHz）

測定手順は以下の通りである。

（1）送電装置の 1 次側送電面と受電装置の 2 次側受電面を相対させ基本位置に合わせる。

（2）送電装置の電源を投入。

（3）測定用アンテナを供試装置と対向させ水平偏波に設定する。

（4）待機状態にて、測定用受信機をピークホールドモードとし、測定対象の周波数範囲にわたり同調周波数を掃引し、伝導妨害波の存在を検知する。スペクトルのピークが検知されたそれぞれの周波数を記録する。ただし、許容値から 10dB 以上下回らない場合に限る。

（5）ピークが記録された周波数毎に、ターンテーブルを回転させ、最大受信方向において、供試装置が測定用アンテナのビーム幅に入る場合には測定用アンテナの高さを 1m に設置し、入らない場合には測定用アンテナの高さを 1 m から 4 m に変化させ、測定用受信機を平均値測定モードと尖頭値測定モードにて最大となる妨害波電界強度を測定する。これを測定系のノイズフロアーから 6dB を超える主要なピークの周波数毎に繰り返す。

（6）測定用アンテナを垂直偏波に設定し、（4）～（5）の測定を繰り返す。

（7）次に、ワイヤレス送電状態にて、（3）～（6）と同様の測定を繰り返す。

（8）以上の測定結果を、基本位置での待機状態及び動作状態における放射電界強度（平均値及び尖頭値）として記録する。

［位置ずれ状態における測定］

（9）1 次側機器と 2 次側機器の位置関係をずらし、製造者の申告する電磁波の放射

が最大となる条件において（３）～（７）の測定を繰り返す。

（１０）以上の測定結果を、位置ずれ状態における放射電界強度（平均値及び尖頭値）として記録する。

(3) 高周波出力の測定

高周波出力については、送電コイル又は送電電極への出力端で確認する。なお、当該位置で確認することが困難な場合には、装置全体の入力端において確認してもよい。

(4) 測定法全般に関わる事項

(ア) 測定器のダイナミックレンジに配慮した測定距離とその換算

本測定法が対象とする WPT システムの利用周波数は、数 MHz 以下であり、周囲に比較的大きい電磁界を放射する。このとき、特に 30MHz 以下の放射妨害波測定において、以下の注意が必要である。

測定器は、測定用ループアンテナ、測定用受信機、接続ケーブル等から構成される。放射妨害波の許容値が 10 ｍの距離における磁界強度で規定されるとき、供試装置の利用周波数は 10 ｍの距離にて測定できる。しかし、高調波等不要発射の強度測定を行うとき、10 ｍの距離では受信機のノイズフロアー以下となる場合がある。

このような場合、測定用アンテナの距離を供試装置に近づけることにより相対的にノイズフロアを下げて測定することが行われる。注意が必要なのは、このとき使用しているループアンテナの特性である。ループアンテナには、アクティブ型とパッシブ型とがある。ループの根本にプリアンプが挿入されているものがアクティブ型である。アクティブ型は明らかに感度が良いが、プリアンプの内部雑音がノイズフロアを引き上げる面もある。

最も注意が必要なのは、測定用アンテナを供試装置の近傍（例えば３m）に近づけたときである。強い基本波により、プリアンプが飽和現象を起こす可能性がある。プリアンプが挿入されている位置がアンテナ下部であり、フィルタを挿入することができない。そのため、このような近傍での測定ではパッシブ型を使い、測定用受信機の前段に、基本波をカットするハイパスフィルタ等を挿入することが必要となる。

付録D　電界強度測定方法

D.1 測定装置の要件

電界強度は、電界に対してのみ感度を有するアンテナ（例えば微小ダイポール）を、アンテナ系を含め校正された測定器に接続して測定する。一般に電界測定に用いられる測定器は、広帯域測定系及び狭帯域測定系に大別され、両測定系とも、基本的にはアンテナ部（給電部を含む）、測定器部及びデータ記録処理装置部から構成される。測定系の特徴及び測定系の選定方法は、次のとおりである。

(1) 広帯域測定系におけるアンテナは、ダイポールを用いる。周波数に対して均一な感度にするために、それらの大きさは測定上限周波数の波長に比べて十分小さくしている。また、通常、等方性を得るために三つのアンテナを互いに直交させて、それらの出力を単独に又は合成して取り出すプローブを用いる。この方式のアンテナは、電磁界の分布が複雑な近傍界領域での使用に適している。広帯域測定系の代表的な測定器として、電波防護を目的に設計された広帯域等方性電界強度計がある。また、測定器部をダイオード検波器とオシロスコープのような波形観測装置で構成する方式もある。

(2) 狭帯域測定系は、対象とする周波数ごとに同調する方式である。この測定系は、通常、測定周波数範囲は極めて広く、受信感度が高く、応答時間が極めて短い。この測定系は、測定対象がパルスであるとき、複数波が存在する場合に適しているが、パルス波の測定のように対象波の占有する帯域幅が測定器部の通過帯域幅より大きい場合には周波数領域で測定する方法が有効である。アンテナ部には、例えばバイコニカルアンテナのような広帯域特性を有するアンテナが使用されるが、その大きさが波長に対して十分小さくないため、遠方領域での測定にしか適さない。近傍領域での測定には、三軸直交微小ダイポールが適している。

(3) 電磁環境の評価に当たっては、広帯域等方性電界強度計を用いることを優先させ、この測定器では十分な測定が行い得ない場合には他の測定方法を選定する。ただし、電波防護指針が対象としていない10kHz 未満の周波数の電磁界（特に商用周波数の電磁界）を適切に除外する必要がある。

測定系の選定に当たっては、測定系が具備すべき性能、測定可能周波数、電磁界強度範囲等を十分に考慮する必要がある。

D.2 測定手順の要件

電界強度の測定は、人のいない状態で人の存在する可能性のある全空間を対象とすることを原則とする。一般的に、人の行動や周囲の条件などに不確定な要素があることから、測定の対象とする空間領域を明確にできない場合があると考えられる。このときには、代表的な測定点を選定する必要がある。

また、電磁界強度指針の実際の適用の対象とする空間には、電磁界が不均一となる場合もある。その場合、対象となる空間全ての電界強度分布を詳細に把握することは困難であるが、測定の対象となる空間内に便宜的に人体の占める空間を考慮した単位空間を設定して測定することが考えられる。また、補助指針の適用においては、この単位空間の導入によって、人体に占める空間全体の電界強度分布の平均値等が用いられる。

測定用アンテナを電磁波源や金属物体又は高誘電体物体に近づけると、両者間の容量結合やアンテナのインピーダンス変化が生じるほか、アンテナが大きい場合には、電磁界の乱れや勾配の平均化などが付加されるため、測定誤差が無視できなくなる。これを考慮し、測定用アンテナと電磁波源、大地及び金属物体などとの最小測定距離は、原則として、300MHz

未満の周波数では 20 cm 以上とする。しかし、この最小測定距離は、アンテナの大きさ（素子長、ループ径、開口径など）や反射物体の大きさ、波長に対する比及び反射物体の電気定数等に依存するため、測定条件によっては、これら距離以内の領域での測定が可能な場合もある。WPT システムについては、波源から 20 cm 未満であっても市販の電界プローブにより電界強度の測定が可能であることを確認している。

電波防護指針においては、指針値は、対象とする空間の電磁波の状況に応じて、時間平均、瞬時値の最大値等で示されている。したがって、測定して電磁界強度の瞬時値をそのまま評価するのではなく、指針値と比較できるように測定値の処理を行う必要がある。

以下に、その他の考慮すべき要件について述べる。

(1) 時間平均

電界強度が時間とともに変化する場合には、平均時間内で電界強度の実効値を自乗平方根した値（時間平均値）を適用する。電界強度は、瞬時値が指針値を超える場合であっても、時間平均値が指針値を超えない場合は、指針値を満たすものと評価される。

(2) 空間平均

人体が占める空間の相当する領域における電界分布が均一でない場合、空間的な平均値を用いることが可能な場合もある。人体が占める空間に相当する領域において、時間平均された電磁界強度が指針値を超える点があっても、その空間内における平均値が指針値を超えない場合は、指針値を満たすと評価される。

(3) 複数波の評価

入射波が指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分から成る場合は、それぞれの入射波の電界強度を測定し、それぞれ指針値に対する割合を算出し、それらの自乗和が 1 を超えなければ、指針値を満たすと評価される。

(4) 国際規格に基づく評価

1998 年に制定された国際規格「人体ばく露に関する低周波磁界及び電界の測定－測定器の特別要求事項及び測定の手引き(IEC61786)[3]」では、電磁界の基本事項、測定手順や測定器の要求仕様を示している。現在改定作業が進められており、電磁界測定器に関する基本事項と、測定手順のガイダンスについて、分冊発行することが決定している（すでに、基本事項を規定したパート 1 が、2013 年 12 月に発行されている[1]）。なお本規格[3]は、2004 年に JIS 化され、JIS C 1910[2]として発行されている。このほか、家電の磁界測定法 IEC62233[4]ならびに電磁界評価法の共通規格 IEC62311[5]においても、ガイドライン適合性評価を念頭においた電磁界測定方法が規定されている。

これらの国際規格では、装置の大きさや標準的な使用方法を元に電磁界を測定する位置を決めることとし、IEC62311 では「使用者の通常位置」としている。また、IEC62233 では代表的な装置に対して測定位置を詳細に規定している。さらに、広帯域スペクトラムの場合、Time Domain 法も使用することができる。

(5) 測定上の注意事項

防護対策を講じるなど、測定者の安全を確保することが重要である。また、下記にも留意すること。

- 測定系の選定を誤らないこと。
- 測定空間の内又は近傍に反射物等がある場合は、測定位置のわずかな変化に対して、電磁界強度が複雑に変化し局所的に大きくなることがあるので、測定位置の選定に注意すること。

- 指向性を有するアンテナを用いる場合には、その指向特性（水平・垂直）を十分考慮し、主輻射方向以外の方向からの入射波の影響についても考慮すること。
- 測定実施時には、測定者及び測定系に起因する電磁界のじょう乱を極力避けるよう配慮すること。特に、時間的に変化している電磁界を測定している間は、測定者、アンテナ及び周囲の物体は移動させないこと。また、走査測定に伴って生じる電磁界の変動が、空間的な変動か、時間的な変動かを区別するため、走査を遅くするなど十分な注意を払いながら測定を実施すること。
- 測定機器は、環境条件（温度、湿度、振動、電磁界など）の影響を受ける場合がある。
- 測定系は校正されたものを用いること。構成機器の経過年数、使用頻度などに応じて定期的に校正を実施することが望ましい。

[1] IEC 61786-1 Ed. 1.0: “Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to
100 kHz with regard to exposure of human beings – Part 1: Requirements for measuring instruments” (2013)
[2] JIS C 1910 :「人体ばく露を考慮した低周波磁界及び電界の測定」(2004)
[3] IEC 61786 Ed. 1.0: “Measurement of Low-Frequency Magnetic and Electric Fields with Regard to Exposure of Human Beings - Special Requirements for Instruments and Guidance for Measurements” (1998)
[4] IEC 62233 Ed. 1.0: “Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure”, (2005)
[5] IEC 62311 Ed. 1.0: “Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)”, (2007)

付録E　磁界強度測定方法

E.1 測定装置の要件

E.1.1 磁界測定原理

主として数100 kHz以下の低周波数領域における磁界測定に用いられるセンサ方式として、誘導コイル方式、ホール素子、フラックスゲート式、磁気抵抗素子、磁気発振方式、量子干渉素子を用いるもの（SQUID）などがある。このうち環境磁界の測定では、誘導コイル方式が多く用いられる。特に携帯型の磁界測定器については回路が簡素で小型化できることから、誘導コイル方式が多く用いられている。誘導コイル方式による磁界測定原理は、電磁誘導作用により誘導コイル（サーチコイル）に鎖交する磁束の大きさの時間変化分に対応した誘起電圧を測定するもので、以下のような関係式がある。

$$V = -j\omega NBS$$

（式E.1.1-1）

ここに、V：誘導電圧、ω：角周波数（=2πf）、N：コイルの巻数、B：磁束密度（コイル面に垂直な成分）、S：コイルの面積、である。測定に十分な感度を得るために、面積や巻数を増やす、又は強磁性材料をコイル心に用いて磁束密度Bの大きさを増加させるなどの方策が取られている。また、出力が周波数に比例するため、後段の積分器を用いて平坦な周波数特性となるように信号処理がなされる。

E.1.2 測定装置

磁界測定器として、センサ部が１軸のものと、３個のセンサが互いに直交方向に配置された３軸のものがあるが、後述のIECによる国際規格（IEC61786-1[1]）ならびにJIS規格[2]では、式E.1.1-2で定義される３軸合成磁界B_Rを、磁界の大きさの指標として用いることを規定しており、３軸の磁界測定器を用いることが想定されている。

$$B_R = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$

（式E.1.1-2）

ここに、Bx、 By、 Bz は直交３軸各軸の磁束密度の実効値である。３軸の磁界測定器では、測定器の向きによらず同一の値B_Rが表示されるという利点がある。一方、センサ部が１軸の測定器も以前より用いられており、波形出力機能を有する測定器があり、磁界の周波数成分や、到来方向を知るための用途に使用される場面がある。

E.2 測定手順の要件

磁界強度の測定は、人のいない状態で人の存在する可能性のある全空間を対象とすることを原則とする。一般的に、人の行動や周囲の条件などに不確定な要素があることから、測定の対象とする空間領域を明確にできない場合があると考えられる。このときには、代表的な測定点を選定する必要がある。

また、電磁界強度指針の実際の適用の対象とする空間には、電磁界が不均一となる場合もある。その場合、対象となる空間全ての電界強度分布を詳細に把握することは困難であるが、測定の対象となる空間内に便宜的に人体の占める空間を考慮した単位空間を設定して測定することが考えられる。また、補助指針の適用においては、この単位空間の導入によって、人体に占める空間全体の電界強度分布の平均値等が用いられる。

測定用アンテナを電磁波源や金属物体又は高誘電体物体に近づけると、両者間の容量結合やアンテナのインピーダンス変化が生じるほか、アンテナが大きい場合には、電磁界の乱れや勾配の平均化などが付加されるため、測定誤差が無視できなくなる。これを考慮し、測定用アンテナと電磁波源、大地及び金属物体などとの最小測定距離は、原則として、300MHz未満の周波数では20 cm以上とする。しかし、この最小測定距離は、アンテナの大きさ（素子長、ループ径、開口径など）や反射物体の大きさ、波長に対する比及び反射物体の電気定

数等に依存するため、測定条件によっては、これら距離以内の領域での測定が可能な場合もある。WPT システムについては、波源から 20 cm 未満であっても市販の磁界プローブにより磁界強度の測定が可能であることを確認している。

電波防護指針においては、指針値は、対象とする空間の電磁波の状況に応じて、時間平均、瞬時値の最大値等で示されている。したがって、測定して電磁界強度の瞬時値をそのまま評価するのではなく、指針値と比較できるように測定値の処理を行う必要がある。

以下に、その他の考慮すべき要件について述べる。

(1) 時間平均

磁界強度が時間とともに変化する場合には、平均時間内で磁界強度の実効値を自乗平方根した値（時間平均値）を適用する。磁界強度は、瞬時値が指針値を超える場合であっても、時間平均値が指針値を超えない場合は、指針値を満たすものと評価される。

(2) 空間平均

人体が占める空間の相当する領域における磁界分布が均一でない場合、空間的な平均値を用いることが可能な場合もある。人体が占める空間に相当する領域において、時間平均された電磁界強度が指針値を超える点があっても、その空間内における平均値が指針値を超えない場合は、指針値を満たすと評価される。

(3) 複数波の評価

入射波が指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分から成る場合は、それぞれの入射波の磁界強度を測定し、それぞれ指針値に対する割合を算出し、それらの自乗和が 1 を超えなければ、指針値を満たすと評価される。

(4) 国際規格に基づく評価

1998 年に制定された規格「人体ばく露に関する低周波磁界及び電界の測定－測定器の特別要求事項及び測定の手引き(IEC61786)[3]」では、電磁界の基本事項、測定手順や測定器の要求仕様を示している。現在改定作業が進められており、電磁界測定器に関する基本事項と、測定手順のガイダンスについて、分冊発行することが決定している（すでに、基本事項を規定したパート 1 が、2013 年 12 月に発行されている[1]）。なお本規格[3]は、2004 年に JIS 化され、JIS C 1910[2]として発行されている。このほか、家電の磁界測定法 IEC62233[4]ならびに電磁界評価法の共通規格 IEC62311[5]においても、ガイドライン適合性評価を念頭においた電磁界測定方法が規定されている。

これらの国際規格では、装置の大きさや標準的な使用方法を元に電磁界を測定する位置を決めることとしており、IEC62311 では「使用者の通常位置」としている。また、IEC62233 では代表的な装置に対して測定位置を詳細に規定している。さらに、広帯域スペクトラムの場合、Time Domain 法も使用することができる。

(5) 測定上の注意事項

防護対策を講じるなど、測定者の安全を確保することが重要である。また、下記にも留意すること。

- 測定系の選定を誤らないこと。
- 測定空間の内又は近傍に反射物等がある場合は、測定位置のわずかな変化に対して、電磁界強度が複雑に変化し局所的に大きくなることがあるので、測定位置の選定に注意すること。
- 指向性を有するアンテナを用いる場合には、その指向特性（水平・垂直）を十分考慮し、主輻射方向以外の方向からの入射波の影響についても考慮すること。

- 測定実施時には、測定者及び測定系に起因する電磁界のじょう乱を極力避けるよう配慮すること。特に、時間的に変化している電磁界を測定している間は、測定者、アンテナ及び周囲の物体は移動させないこと。また、走査測定に伴って生じる電磁界の変動が、空間的な変動か、時間的な変動かを区別するため、走査を遅くするなど十分な注意を払いながら測定を実施すること。
- 測定機器は、環境条件（温度、湿度、振動、電磁界など）の影響を受ける場合がある。
- 測定系は校正されたものを用いること。構成機器の経過年数、使用頻度などに応じて定期的に校正を実施することが望ましい。

[1] IEC 61786-1 Ed. 1.0：“Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to
100 kHz with regard to exposure of human beings – Part 1: Requirements for measuring instruments” (2013)

[2] JIS C 1910 :「人体ばく露を考慮した低周波磁界及び電界の測定」(2004)

[3] IEC 61786 Ed. 1.0：“Measurement of Low-Frequency Magnetic and Electric Fields with Regard to Exposure of Human Beings - Special Requirements for Instruments and Guidance for Measurements” (1998)

[4] IEC 62233 Ed. 1.0：“Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure”, (2005)

[5] IEC 62311 Ed. 1.0：“Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)”, (2007)

付録Ｆ　接触電流測定方法

F.1 測定装置の要件

(1) 人体等価インピーダンス回路

対象となる無線局、高周波利用設備に応じて適切な周波数特性をもつ人体等価インピーダンス回路を用いる。成人男性の握り接触時の人体インピーダンスの平均的な特性例を表F.1 及び図 F.1-1 に示す。また、それを近似的に実現した IEC 60990 の等価回路を図 F.1-2 に示す。ただし、周波数 100 kHz 以上で電流を 100 mA 流した場合、抵抗 R_B = 500 Ωでの消費電力は 5 W に達することに注意する。

等価回路のインピーダンスが人体インピーダンスよりも低い場合は接触電流の測定値が過大評価となるため安全側にあるが、高い場合は過小評価となっていることに注意する。1 MHz 以上で、等価回路のインピーダンスが人体インピーダンスより若干（10%未満）低くなっているが、当該周波数領域の接触電流に関する指針値には主に熱作用（熱傷）の閾値から $2\sqrt{2}$ 倍（約 300%）の安全率を見込んでいることから、等価回路のインピーダンスを用いた評価に関して安全性の問題は生じないと考えられる。

表 F.1　成人男性（握り接触）のインピーダンスの周波数特性

Frequency	50 Hz	60 Hz	100 Hz	300 Hz	1 kHz	3 kHz	10 kHz
Impedance	5,400 Ω	5,000 Ω	3,920 Ω	2,270 Ω	1,255 Ω	856 Ω	670 Ω
Frequency	30 kHz	100 kHz	300 kHz	1 MHz	3 MHz	10 MHz	30 MHz
Impedance	589 Ω	532 Ω	500 Ω	470 Ω	460 Ω	460 Ω	460 Ω

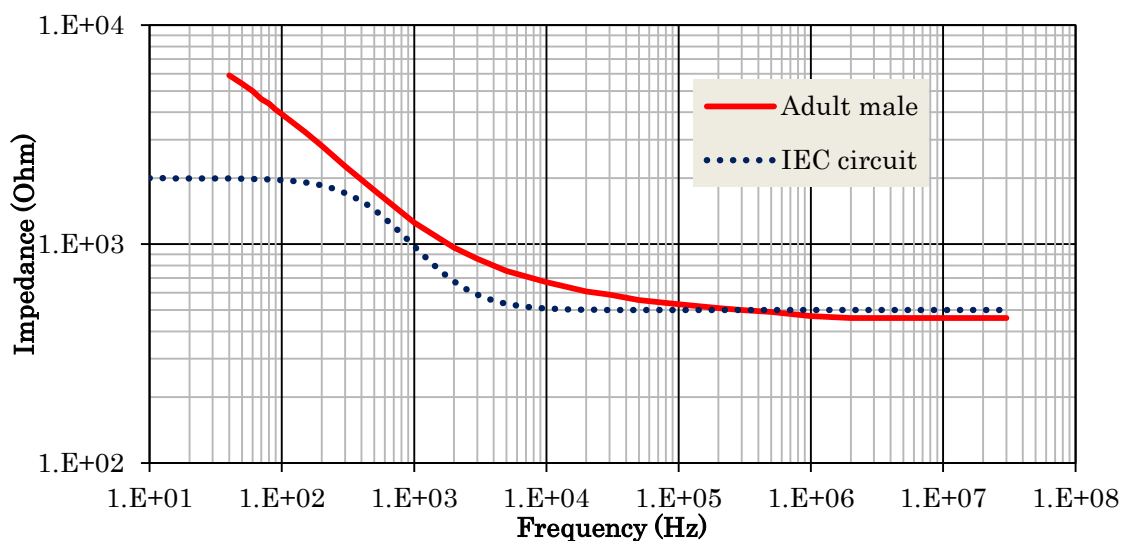



図 F.1-1　成人男性と IEC 等価回路のインピーダンスの周波数特性

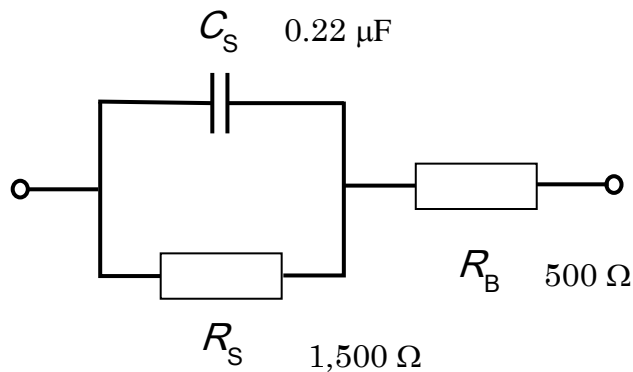



図 F. 1-2　IEC 等価回路

(2) 電極

接触電極は金属性の接触端子を用いる。対象の接触部分が塗装されているような場合には、IEC60990 の規定に準じて、10 cm×20 cm の金属箔を貼りつけて手のひらによる接触を模擬する。接地電極は足裏に相当する面積の金属板を用いる。靴の着用を模擬する場合は接地電極の下に適当な厚さの絶縁シートを敷く。

(3) 電流計又は電圧計

対象となる無線局、高周波利用設備に応じて適切な周波数帯域をもつ電流計又は電圧計を用いる。電流計はクランプ式でもよい。電圧計を用いる場合は等価回路に直列接続された 10 Ω程度の抵抗両端の電圧より電流値に換算して求める。電流計又は電圧計の測定平均化時間は 1 秒以内とし、波形振幅が時間的に変動する場合はピークホールド値を求める。

接触電流測定装置の構成例を図 F. 1-3 に示す。

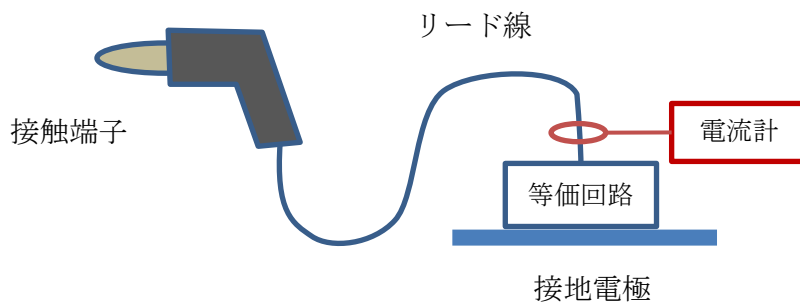



図 F. 1-3　接触電流測定装置の構成例

F. 2 測定手順

(1) 単一周波数とみなせるかどうかを事前調査・判定する。

単一周波数とみなせる場合、周波数に応じた人体等価インピーダンス回路を介して電流を測定する。複数周波数波源の場合は電波防護指針(諮問第 38 号)の参考資料 3 又は 5. 3. 7 項に準拠して対象周波数ごとに測定する。

(2) 予想される接触状況を模擬して測定する。

人が立つと想定される位置に接地電極を置く。対象となる WPT システムの周辺に想定される非接地の金属体を模擬した金属板を設置する。人が接触すると想定される金属板の部分に接触端子を触れる。指示値が安定したときの値を求める。

金属体は WPT システムに近接するほど、接触電流が大きくなる傾向が示されているため、通常の利用状況で最も近接する位置に金属板を設置する。また、金属板の位置（高さ）や向きによって、接触電流が変化する。一般的に、WPT システムと対向させた場合に接触電流が大きくなる傾向が示されているが、WPT システムの動作モードやコイル形状等にも依存するため、システム毎に接触電流が最大となる条件を確認する必要がある。

接地電極と人体等価インピーダンス回路、リード線、接触端子、対象となる金属及び大地により形成されるループ面積が、実際に人が接触する状況と同程度になるように留意する。予備的な測定より、接触電流計と金属板の接触位置により、接触電流が 30%程度変動することが確認されている。システムによっては接触位置への依存性がより大きい場合が考えられるため、接触電流の最大値が得られる接触位置についても確認する必要がある。

測定中に測定者が WPT システムと金属板の間に位置すると、接触電流が大幅に低下する可能性があるため、非金属のジグで接触電流計を保持する等により、人体の影響を極力小さくすることが重要である。

(3) 測定上の注意事項

防護対策を講じるなど、測定者の安全を確保することが重要である。特に、接触電流等の測定に際しても、高周波熱傷又は電撃を受けないよう十分に注意を払う必要がある。また、下記にも留意すること。

- 測定系の選定を誤らないこと。
- 測定空間の内又は近傍に反射物等がある場合は、測定位置のわずかな変化に対して、電磁界強度が複雑に変化し局所的に大きくなることがあるので、測定位置の選定に注意すること。
- 測定実施時には、測定者及び測定系に起因する電磁界のじょう乱を極力避けるよう配慮すること。特に、時間的に変化している電磁界を測定している間は、測定者、アンテナ及び周囲の物体は移動させないこと。また、走査測定に伴って生じる電磁界の変動が、空間的な変動か、時間的な変動かを区別するため、走査を遅くするなど十分な注意を払いながら測定を実施すること。
- 測定機器は、環境条件（温度、湿度、振動、電磁界など）の影響を受ける場合がある。
- 測定系は校正されたものを用いること。構成機器の経過年数、使用頻度などに応じて定期的に校正を実施することが望ましい。

付録G　ＳＡＲ、電流密度評価方法

電波防護指針の基礎指針（局所吸収指針）や ICNIRP ガイドラインにおける基本制限に従ったばく露評価方法として、体内誘導電流密度（2010 年改定版 ICNIRP 低周波ガイドライン及び IEEE95.1 は誘導電界）の評価と SAR の評価がある。どちらも人体内部に発生する電界を元に評価するため、ファントム（擬似人体）による実測、又は数値モデルを用いた電磁界計算により評価することとなる。

体内誘導電流密度を求める方法は IEC62311 の Annex C に解説されている。また、SAR の評価については、IEC62479 に評価手順、IEC62209-1/-2 に測定による手順が規定されている。本付録ではこれら計算手法と IEC62233 で用いられている結合係数の算出手順、SAR のばく露評価手順について述べる。

G.1 体内誘導電流密度の評価方法

G.1.1 体内誘導電流密度の計算方法

体内誘導電流密度は数値計算による評価方法が一般的である。
表 G.1.1-1 に IEC62311 Annex C に例示された人体モデル/波源モデルを、表 G.1.1-2 にばく露量計算に用いられる計算手法をまとめた。

表 G.1.1-1　数値計算のための人体モデルと計算手法

分類	モデル/作成プロジェクト名	備考
解剖学的モデル（詳細モデル）	The Visible Human Project	米国国立医学図書館
	MEET Man	ドイツ　カールスルーエ大学
	Hugo	スイス　Viewtec 社
	Norman	英国放射線防護局
	University Of Utah	ユタ大学
	University of Victoria	カナダ　ビクトリア大学
	Brooks Air force Base	米国　ブルークス空軍基地
	Average Japanese male and female human models	日本　情報通信研究機構
	Korean human model	韓国　電子通信研究院
簡易モデル	Spheroids（球状体モデル）	モデルサイズ 体幹部：600×300mm 頭部：300×200mm
	Cuboids（直方体モデル）	モデルサイズ 0.4×0.4×1.8m（x×y×z）
	Homogeneous human body model（均一人体モデル）	
波源モデル	Straight Wire	単純なばく露量評価問題に適用
	Circular/Rectangular coil	
	Equivalent source model 装置周囲の磁束密度を測定	詳細なばく露量評価計算や非一様な場のばく露量計算に適用

	し、装置表面に並べた複数の等価な磁気ダイポールの組み合わせに変換したモデル	

表 G.1.1-2　計算手法

計算手法	和名	備考
BEM(Boundary Element Method)	境界要素法	full-wave 計算
FDFD(Finite Difference Frequency Domain)	有限差分周波数領域法	full-wave 計算
FDTD(Finite Difference Time Domain)	有限差分時間領域法	full-wave 計算
FEM(Finite Element Method)	有限要素法	full-wave 計算
FIT(Finite Integration Technique)	有限積分法	full-wave 計算
MoM(Method of Moments)	モーメント法	full-wave 計算
SPFD(Scalar Potential Finite difference)	スカラーポテンシャル有限差分法	準静的近似計算
IP(Impedance Method)	インピーダンス法	準静的近似計算

これらのモデルと計算手法を組み合わせて、人体への誘導電流密度を計算する。

G.1.2 体内誘導電流計算の例

G.2.6 節に WPT システムを対象とした計算例を示す。

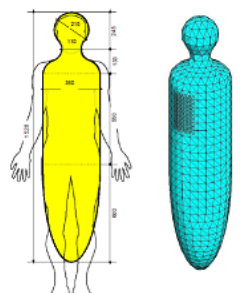
G.1.3 結合係数の算出

ばく露基準における参考レベルは一様な電磁界へのばく露を想定して算出されている。波源の極近傍では電磁界は一様ではなく、ある一点における最大電磁界強度で判定を行うと過大な評価となってしまう。電磁界の非一様性を考慮するため、結合係数 k が用いられる。図 G.1.3 に IEC62226-1 による結合係数 k を用いて EMF 評価を行う手法の概要を示す。

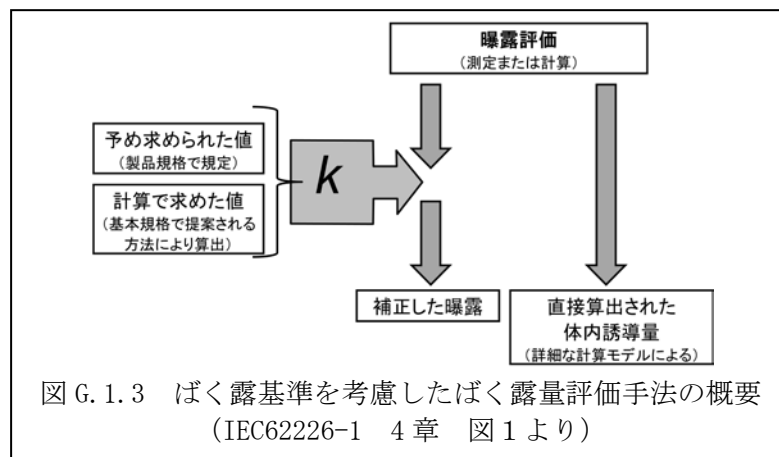
図 G.1.3　ばく露基準を考慮したばく露量評価手法の概要
(IEC62226-1　4 章　図 1 より)

測定や計算により得られたばく露量評価結果から直接体内誘導量を算出し、ばく露基準への適合性を確認する方法に対して、製品/製品群規格に結合係数 k が予め算出されているか、IEC62311 などの基本規格で規定された算出方法に従い結合係数 k を求めることが可能な場合、この結合係数 k により測定された最大電磁界強度測定値を補正した値をもって、体内誘導量に関する指針値（基本制限又は基礎指針値）への適合性を確認してもよい。

表 G.1.3-1 に示すとおり、IEC62226 における結合係数 k の定義は一様電磁界にばく露した場合に生じる誘導電流や磁界に対する非一様電磁界にばく露した場合の誘導電流や磁界の比を示している。

表 G.1.3-1　国際規格における結合係数 k の定義

<table>
<tr><td>規格</td><td>IEC62226</td><td>IEC62311/62233</td></tr>
<tr><td rowspan="2">結合係数 k の定義</td><td>（定義１）
人体モデル内最大磁界が一様な場合の最大誘導電流に対する非一様磁界による最大誘導電流の比
$$k=\frac{J_{\max_non-uniform}}{J_{\max_uniform}}$$
$J_{\mathrm{max_non\text{-}uniform}}$：
非一様電磁界により生じる最大の誘導電流
$J_{\mathrm{max_uniform}}$：
一様電磁界により生じる最大の誘導電流</td><td rowspan="2">人体モデル：
均一人体モデル（IEC62311/62233）と不均一モデル（IEC62311）
算出に用いる磁界センサの大きさ：100 cm^2 又は 3 cm^2
（定義）
$$a_c=\frac{\left[\frac{J_{\max}}{B_{\max_Sensor}}\right]}{\left[\frac{J_{BR}}{B_{RL}}\right]}$$
J_{max}：
人体モデルに生じる最大の誘導電流
$B_{\mathrm{max_Sensor}}$：
センサに生じる磁界の最大値
J_{BR}：
誘導電流に対する基本制限
B_{RL}：
磁界の参考レベル</td></tr>
<tr><td>（定義２）
人体モデル内に同一の大きさの誘導電流密度の最大値を生じさせる一様／非一様外部磁界の比
$$k=\frac{B_{\max_non-uniform}}{B_{\max_uniform}}$$
$B_{\mathrm{max_non\text{-}uniform}}$：
非一様電磁界により生じる最大の磁界
$B_{\mathrm{max_uniform}}$：
一様電磁界により生じる最大の磁界</td></tr>
</table>

これに対して、IEC62311 や IEC62233 では、特定の人体モデルとセンサの組み合わせを規定して結合係数 a_c を求めている。この結合係数 a_c を測定した磁界や磁束密度に乗じることにより非一様性の影響を考慮することを許容している。

実際に IEC62311/62233 を用いて、結合係数を算出する手順は下記のとおりである。

結合係数算出の手順

（手順１）ばく露距離を規定する。ばく露距離は発生源と磁界測定プローブ先端までの距離とする。

発生源の正確な位置が特定できない場合は装置の表面から磁界測定プローブ先端までの距離とする。

（手順２）電磁界放射源の等価ループアンテナの半径を特定する（IEC62311 の C.7.3.3 の Step 1 を参照)。

（手順３）磁界に対する最大の誘導電流の比（J_{max}/B_{max_sensor}）を表す係数 *k*、*k'* を求める。係数 *k* は人体の導電率σを 0.1 とし､周波数 50Hz で正規化したものである｡IEC62311 及び IEC62233 では等価波源（ループアンテナ）の半径と波源との距離から既に係数 *k* が求められており、係数 *k* は、表 G.1.3-2 の値から補間して求めることができる。

表 G.1.3-2　周波数 50Hz で正規化された結合係数 *k*

		等価波源ループアンテナ半径［cm］					
		1	2	3	5	7	10
ばく露距離［cm］	1	21.354	15.326	8.929	5.060	3.760	3.523
	5	4.172	3.937	3.696	3.180	2.858	2.546
	10	2.791	2.735	2.696	2.660	2.534	2.411
	20	2.456	2.374	2.369	2.404	2.398	2.488
	30	**2.801**	**2.735**	**2.714**	**2.778**	**2.687**	**2.744**
	40	3.070	2.969	2.933	3.042	2.865	2.916
	50	**3.271**	**3.137**	**3.086**	**3.251**	**2.989**	**3.040**
	60	3.437	3.271	3.206	3.429	3.079	3.134
	70	3.588	3.388	3.311	3.595	3.156	3.216
	100	3.940	3.659	3.601	4.022	3.570	3.604

注：表 G.1.3-2 は IEC62311 Annex C 及び IEC62233 Annex C から抜粋したものである。算出において、磁界センサは 100 cm^2 のループアンテナを仮定している。

この係数 *k* から周波数 *f*[Hz]と導電率σ[S/m]を補正した係数 *k'* を式 G.1.3-1 を用いて算出する。

$$k' = \frac{f}{50} \cdot \frac{\sigma}{0.1} \cdot k$$
（式 G.1.3-1）

（手順４）対象とする周波数における誘導電流の基本制限 J_{BR}[mA/m^2]と磁界強度の参照レベル B_{RL}[μT]を用いて、結合係数 a_c を求める。

$$a_c = k' \cdot \frac{B_{RL}}{J_{BR}}$$
（式 G.1.3-2）

代表的な結合係数の例

表 G.1.3-3 に IEC62233 Annex C に示される代表的な結合係数 a_c の例を示す。なお、WPT システムに対する解析例については、G.2.6.4 節で示す。

表 G.1.3-3　代表的な結合係数 a_c の例

装置の大きさ	測定距離[cm]	結合係数：a_c	適用
Small	0	1.00	操作パネル等の部位の評価に適用
Large	0	0.15	
Small	10	0.14	装置の人体が近接する面の評価に適用
Large	10	0.16	
Small	30	0.14	
Large	30	0.18	

注：Small とは、発生源が装置の表面すぐの位置に存在するような場合

Large とは、発生源が装置表面から 10～40 cm 程度の距離があるような場合

G.2 SAR の評価方法

ICNIRP 国際ガイドラインでは、100 kHz-10GHz の熱影響に対して、SAR の基本制限が設けられている。表 G.2 に SAR 評価に関係する国際規格を示す。

表 G.2　SAR 評価に関係する IEC 規格

規格番号	題名（和文略称）	主な内容
IEC62311	汎用製品規格	電磁界への人体ばく露量評価手順 ばく露量評価で用いる評価方法 測定不確かさの取り扱い 数値計算モデル 体内誘導電界からの算出方法
IEC62479	小電力電気・電子機器の汎用製品規格	除外可能な電力レベルの算出方法 小電力機器の判定手順
IEC62209-1	側頭部で使用される携帯無線端末に対する局所 SAR 測定方法	測定装置の規定 (1)人体ファントムと液剤 (2)電界プローブと走査機構 測定手順 (1)測定システム動作確認 (2)スキャン手順 (3)SAR 評価法
IEC62209-2	側頭部以外で使用される携帯無線端末に対する局所 SAR 測定方法	

G.2.1 除外可能な電力の算出

ばく露基準の基本制限より、基本制限を越えるばく露を生じるために最低限機器が必要な電力 P_{max} を算出することができる。

SAR において、局所 SAR の基本制限を SAR_{max}、平均質量を m とすると、P_{max} は

$$P_{\max} = SAR_{\max} \times m$$　(式 G.2.1)

となる。

この P_{max} を「除外可能な電力レベル」又は「微弱電力除外レベル」と呼ぶ。表 G.2.1-1 に代表的なばく露基準とその SAR に関する基準値を列挙した。この基準値を元に算出される局所 SAR に関する除外可能な電力レベルを表 G.2.1-2 に示す。

表 G.2.1-1　SAR に関するばく露規準　単位は[W/kg]

ばく露規準	ばく露環境	周波数	全身平均 SAR	局所 SAR*（頭部／体幹）	局所 SAR*（四肢）
電波防護指針（局所吸収指針）	管理環境	100 kHz -6 GHz	0.4	10	20
	一般環境		0.08	2	4
ICNIRP ｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝ（1998 年版）	職業的ばく露	100 kHz -10 GHz	0.4	10	20
	公衆のばく露		0.08	2	4
IEEE95.1（1999 年版）	管理環境	100 kHz -6 GHz	0.4	4	20
	非管理環境		0.08	1.6	4
IEEE95.1（2005 年版）	管理環境	100 kHz -3 GHz	0.4	10	20
	Action Level		0.08	2	4

*）IEEE95.1（1999 年版）の非管理環境における頭部／体幹の値のみ 1g 平均で、他の値

は10g平均における値である。

表G.2.1-2　局所SARに関する除外可能な電力レベル

<table>
<tr><td colspan="2">SARのばく露規準（基本制限）</td><td rowspan="2">除外可能な電力レベル[mW]</td><td rowspan="2">備考</td></tr>
<tr><td>基準値［W/kg］</td><td>平均する組織の質量［g］</td></tr>
<tr><td>1.6</td><td>1</td><td>1.6</td><td>IEEE95.1（1999年版）
頭部/体幹</td></tr>
<tr><td>2</td><td rowspan="4">10</td><td>20</td><td rowspan="2">ICNIRP/電波防護指針
/IEEE（2005年版）
頭部/体幹</td></tr>
<tr><td>4</td><td>40</td></tr>
<tr><td>10</td><td>100</td><td>職業ばく露における
頭部/体幹</td></tr>
<tr><td>20</td><td>200</td><td>職業ばく露における
四肢</td></tr>
</table>

G.2.2 除外可能な電力を用いた評価方法

機器から意図的／非意図的に放射する電磁界の電力は機器の消費電力を超えることはない。機器の消費電力が、除外可能な電力レベルP_{max}を超えないのであれば、機器から発せられる電磁波の電力はばく露基準を超えないことは明白であり、詳細な測定や計算を行わずに、ばく露基準への適合性を確認することができる。機器や回路の消費電力を基準に下記のように機器を分類する。

(1) 機器の消費電力がP_{max}を超えない機器

(2) 機器の高周波電力を生成している回路の消費電力（入力電力）がP_{max}を超えない機器

(3) 意図的放射機器の空中線（アンテナ）やWPTシステムの電力伝送部に印加される電力がP_{max}を越えない機器

(4) 実測により、機器から放射する総電力がP_{max}を超えない機器

これら(1)から(4)の機器を小電力機器と呼び、これらの機器はSARの測定を行うことなく、ばく露基準を満足しているとみなすことができる。

一般に無線回路を搭載していない電気電子機器はEMI（Electromagnetic Interference：電磁雑音）が規制されているため、外部に漏洩する電磁界が非常に微弱に抑えられている。EMIの測定結果から放射電力を逆算することも可能であるが、「遠方界の測定結果である」、「人体との結合を考慮していない」「評価されている周波数範囲が30MHzから1GHz（又は6GHz）であり、100Hzから30MHzの放射電磁界を評価していない」といった理由から、EMIの結果からばく露評価を評価することは認められていない。一方で、このような無線回路を搭載していない機器に対して、「生来ばく露規準を超える能力を有しない」という意味を表す「inherently Compliant」として、詳細なばく露評価を課さない評価手順も用意されている。

G.2.3 測定によるSARの評価方法

測定によるSAR評価は波源の周波数と人体との距離によって、評価方法が異なる。主な評価方法を表G.2.3-1にまとめた。

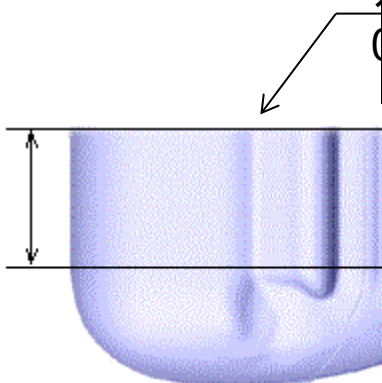
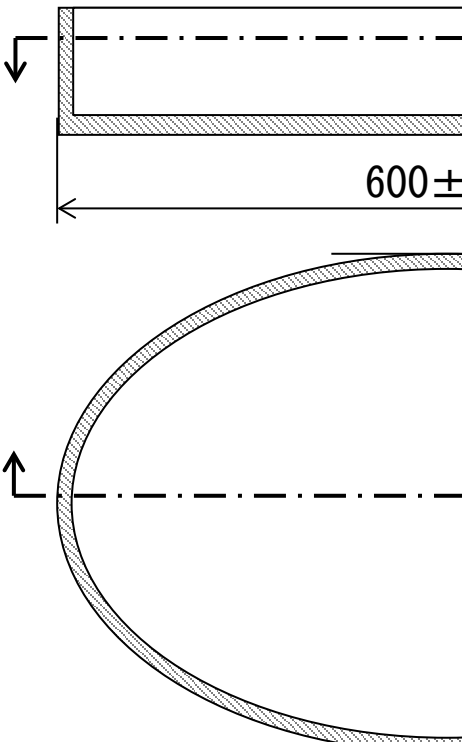



表 G.2.3-1　測定による局所 SAR 評価方法

周波数帯域	人体との距離		備考
	20 cm 未満	20 cm 以上	
100 kHz-30 MHz	SAR を直接評価する評価法は標準化されていない。 電磁界プローブによる測定が可能な場合、電磁界強度測定値の最大値を参考レベルと比較により判定。	電磁界強度を測定して、参考レベルとの比較により判定。電磁界強度の空間平均を適用可能。結合係数を用いた評価も可能。	
30 MHz-6 GHz	IEC62209-1/-2 にもとづき、SAR を測定し、基本制限と比較することにより判定。 電磁界プローブによる測定が可能な場合、電磁界強度測定値の最大値を参考レベルと比較により判定。	電磁界強度を測定して、参考レベルとの比較により判定。電磁界強度の空間平均を適用可能。結合係数を用いた評価も可能。	
6 GHz-10 GHz	SAR を直接評価する評価法は標準化されていない。 電磁界プローブによる測定が可能な場合、電磁界強度測定値の最大値を参考レベルと比較により判定。	電磁界強度を測定して、参考レベルとの比較により判定。電磁界強度の空間平均を適用可能。結合係数を用いた評価も可能。	電波防護指針の局所吸収指針（局所 SAR 指針値）は 6 GHz 以上の周波数では規定されていない。

測定により SAR を評価する代表的な方法は IEC62209-1 と IEC62209-2 で規定される人体ファントムを使用した方法である。IEC62209-1 は携帯電話等の側頭部で使用する機器を対象としており、IEC62209-2 は体幹部や四肢などの側頭部以外の部位に近接して使用される機器を対象とした測定方法である。

表 G.2.3-2　SAR 測定用ファントム

	IEC62209-1	IEC62209-2

ファントム形状		
対象	携帯電話	側頭部以外で使用する携帯型無線機

電界プローブにより、ファントム内に生じた電界を測定する。電界を E[V/m]、細胞の電気伝導率を σ [S/m]、比重を ρ [Kg/m^3]とすると、SAR の実効値は

$$SAR = \sigma E^2 / \rho \qquad \text{(式 G.2.3)}$$

となる。

ファントム内をスキャンして、式 G.2.3 の SAR が最大となるポイントの周囲の組織 10g（又は 1g）に相当する体積の SAR を平均することにより、SAR を求めている。

G.2.4 計算による SAR 評価方法

現在、人体の数値モデルを用いた SAR 計算に関する研究が数多く行われており、評価方法の標準化も進められている。

表 G.2.4　数値計算による SAR 評価方法

IEC の PT 番号	内容		備考
	対象	計算アルゴリズム	
62704-1	プログラムに対する要求事項	FDTD（有限差分時間領域法）	3rd CD 作成中
62704-2	車載用アンテナ	FDTD	3rd CD 作成中
62704-3	携帯電話	FDTD	3rd CD 作成中

62704-4	車載機器	FEM（有限要素法）	1st CD 作成中

WPTシステムには人体ファントムに接触させた状態でSAR測定を行うことが困難な機器も多いと考えられるので、計算による評価方法が早期に確立することが望まれる。

G.2.5 WPT システムの誘導電流密度、SAR の評価例

本節では数値人体モデル等を用いた数値計算による誘導電流密度及び SAR の評価例を示す。なお、評価例で示す各 WPT システムは本報告書で規定している WPT システムとは異なる周波数範囲で動作するものが含まれている。動作周波数が仕様範囲外であるものの、電力伝送の原理は同じであるため、本報告書で規定する WPT システムにおける電磁界への人体ばく露量特性とほぼ同様であるものと考えられる。

G.2.5.1 電気自動車用 WPT

自動車の電磁誘導型 WPT システムで用いられる非接触給電コイルの解析モデルの一例とし、コイル単体の構成をソレノイドコイル、受信（車両）側、送信（地面）側ともに同一とする。また、コイルのコアサイズ（比透磁率 μ_rは 1800）は横 400mm×縦 400mm×厚さ 10mm、巻き数は 10 回とした。伝送周波数は 85 kHz、伝送電力は 7 kW とする。

車両モデルの外観を図 G.2.5.1-1 に示す。車両は全長 4500mm×幅 1700mm とし、大地面及び車体部が完全導体であるのに対して、車体後部のバンパー部は比誘電率及び損失性の小さい誘電体であるため導電率を設定していない。また、考慮する伝送システムの搭載位置は図 G.2.6.1 のように、車両前方、中央、後方の 3 通りとした。送受コイル間距離は前方、中央配置の場合が 200 mm、後方配置の場合が 300 mm である。中央配置は車体の中央に配置し、後方配置、前方配置とはそれぞれ 1500mm の間隔とした。また、自動車を駐車する場合、必ず送受コイルが正対するとは考えにくく、また、コイルが正対していない場合には、正対している場合よりも漏洩磁界が大きくなることが報告されている [(1)]。そのため、コイル間に、許容ずれ範囲内で漏洩磁界が最も大きくなるような位置ずれが生じている場合を考える。送信側 1 次コイルが受信(車両)側 2 次コイルに対し、横方向へ 20 cm、

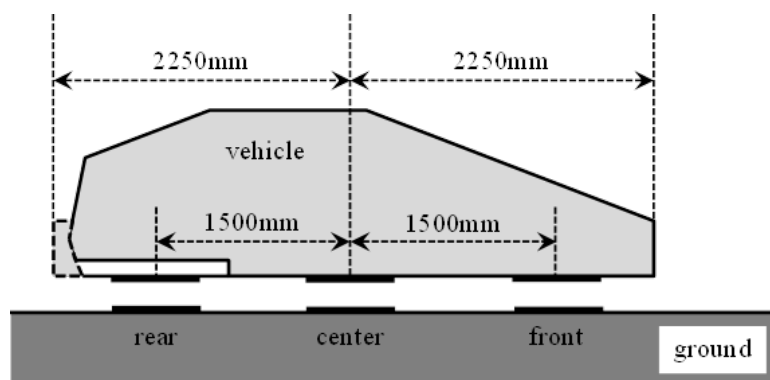



図 G.2.5.1-1　車両モデルの概観と伝送システム搭載位置

前後方向へ 10 cm ずれている。

体内誘導量を評価するのに先立ち、外部磁界分布の解析値と測定値の比較を行った。但し、測定値は、文献(1)により報告されたものであり、図 G.2.5.1-1 のような車両の形状を考慮したものではなく、解析では車両後方を考えた。比較の結果を図 G.2.5.1-2 に示す。図より、測定値と解析値の傾向はよく一致していることが確認できる [(2)]。

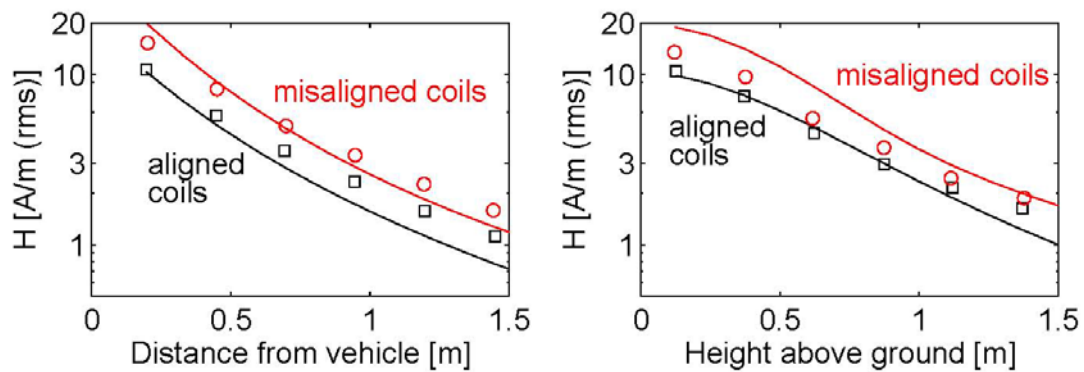



図 G.2.5.1-2　磁界強度の測定値と解析値の比較

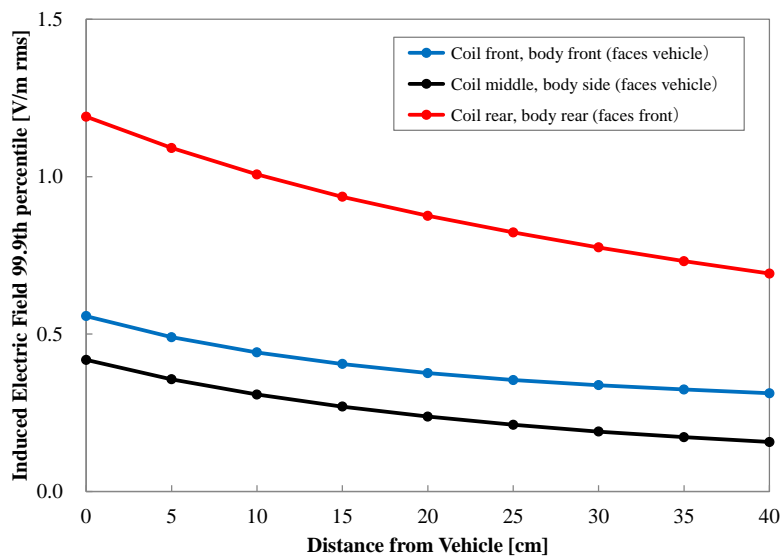



図 G.2.5.1-3　車両近傍における誘導電界最大値
（配置の定義は図 G.2.5.1-1 参照）

図 G.2.5.1-3 に、伝送システムを車両前方、中央、後方に搭載した場合に体内誘導電界が最も大きくなる基準位置を定め、その点からの距離特性を示す。なお、人体部位の先端（つま先）から車両までの間隔を距離と定義した。図 G.2.5.1-3 における横軸は車両からの距離であり、縦軸は人体に誘導される電界の最大値である。同図より、人体への誘導電界は、伝送システムが車両中央にある場合が最も小さくなることが確認できる。これは、車両中央における人体とコイルとの距離が、前方や後方と比べて長く、人体にばく露する磁界強度がより小さくなるためであると考える。また、いずれの条件についても、ICNIRP 国際ガイドラインの基本制限 11.5V/m を下回っている。得られた誘導電界に筋肉組織の導電率に 2/3 を乗じた値(人体組織に対する均質化でよくとられる手順。以降 2/3 筋肉組織。85 kHz では 0.24 S/m を乗じることにより、体内誘導電流を求めるとコイルを車両前方、中央、後方に配置した場合、それぞれ 0.13、0.086、0.27 A/㎡となり、我が国の防護指針基礎指針に一般環境相当の安全率（1／√5）を見込んだ 29.75A/㎡を満たしていることも確認できる。

ここで、車両後方にコイルを設置した場合に体内誘導電界が大きくなっているが、これは地面までの間隔が 30 cm と他の配置の場合 20 cm に比べて大きく設定したことを一因とし、

漏れ磁界が大きくなっていると考える。

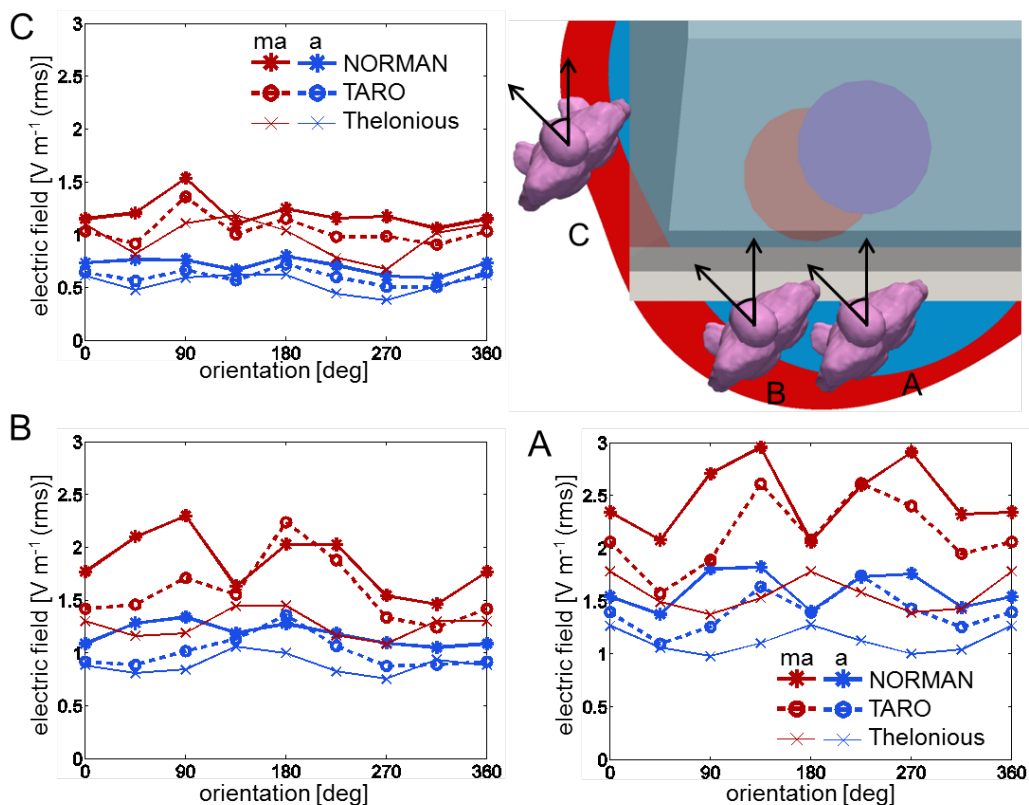



図 G.2.5.1-4　車両近傍における誘導電界最大値

図 G.2.5.1-4 に、車両後方付近の位置で、人体位置に対してモデルが最も近接する状態（つま先など一部は車両の下に入る状態）での体内誘導電界を解析した結果を示す [(3)]。評価には、日本人成人男性モデル TARO に加え、欧州人男性モデル NORMAN、子供モデル Thelonious を考えた。図 G.2.5.1-4 より、いずれの場合においても基本制限を下回ること、また、成人モデルに比べて子供モデルの誘導電界は小さくなることが確認できる。なお、人体の姿勢を変化させ、より近接させた場合（車両周辺で仰向けになる，あるいは屈む）、体内誘導物理量は ICNIRP ガイドライン基本制限[4]の指標である体内誘導電界強度で示されている。防護指針における電流密度に関する基礎指針を満足することも確認している（体内誘導電界に 2/3 筋肉組織の導電率を乗じて換算）。

電気自動車と人体の距離は 20 cm 以上離れていることから、補助指針より、人体の占める空間を平均した磁界強度を評価指標として用いることができる。そこで、図 G.2.5.1-4 に示した場合における人体の占める空間を平均した磁界強度と体内誘導電界の関係を図 G.2.5.1-5 に示す。図 G.2.5.1-5(a)より、体内誘導電界と空間平均磁界の間にはよい相関があることがわかる。一方、モデルごとに相関を表す曲線の傾きが異なることがわかる。これは、モデルの断面積の相違により、モデルを通過する磁束が異なることによるものであると考えられる。また、現実的な適合性評価において、全身にわたり磁界強度を測定することは困難であることから、IEC で定められているように地面から高さ 0.5m、1m、1.5m における平均値を用いた場合、概ね全身平均と同等の相関が得られる。なお、ここでは示さないが、平均化を行う点を 6 点（25 cm ごと）などに増加させても相関性は改善されない [(3)]。総務省防護指針を参考に許容電力を試算すると、表 G.2.5.1 のようになる。表 G.2.5.1 より、3 点

平均磁界強度は、車両から 0 cm の人体内誘導電流密度と比べても 74-88 倍安全側の評価を与えることがわかる。なお、この傾向は簡易人体モデルを用いた解析においても確認されている[(5)]。

G.2.5.2　家電機器用ＷＰＴ①

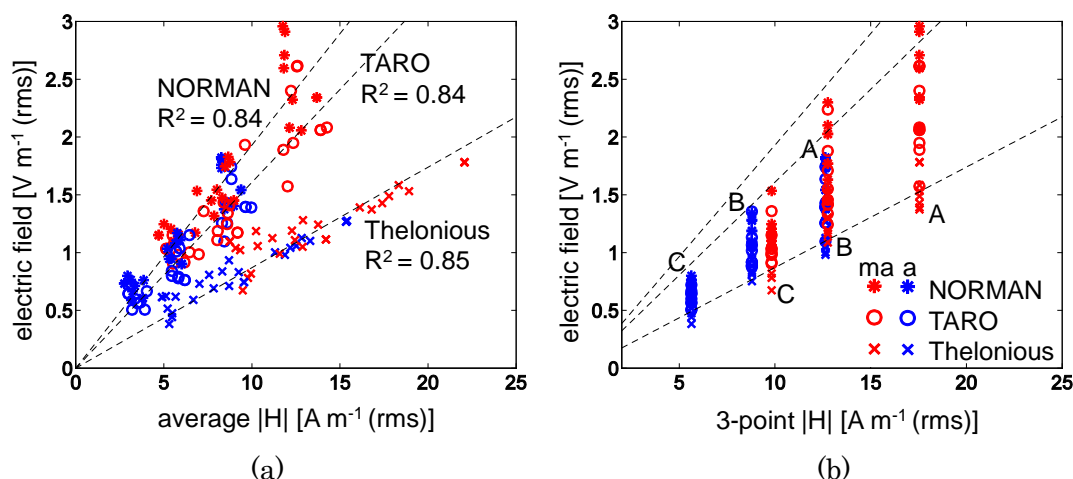



図 G.2.5.1-5　人体を占める空間(a)全体あるいは(b)高さ 50 cm, 100 cm, 150 cm の磁界強度平均値と体内誘導電界の関係

表 G.2.5.1　電気自動車用 WPT システムに対する最大許容電力

車体に対する人体位置	３点平均磁界強度による最大許容電力	車体から 10 cm の人体内誘導電流に基づく最大許容電力	車体から 0 cm の人体内誘導電流に基づく最大許容電力	３点平均磁界強度と 0 cm の人体内誘導電流密度に基づく最大許容電力の比
前方	210 kW	73 MW	18 MW	88 倍
側面	530 kW	170 MW	42 MW	80 倍
後方	57 kW	17 MW	4.3 MW	74 倍

MHz 帯 WPT システムからのばく露による全身平均 SAR と局所 SAR との関係を調べるため、10 MHz 帯ソレノイド型及び 7 MHz 帯水平巻きの 2 つのシステムについて、円柱に簡略化した人体モデルの配置場所や距離を変化させた検討を実施した。図 G.2.5.2-1 に計算モデルを示す。人体を 2/3 筋肉の円柱モデルで模擬し、システムから 5 つの異なる条件に配置した。それぞれの配置に対して、システムと円柱との距離を 10、60、150 mm と変化させて解析を実施した。10 MHz 帯ソレノイド型において、計算結果をを電波防護指針値である全身平均 SAR: 0.08 W/kg 及び局所 10gSAR: 2 W/kg と比較したところ、人体との距離によっては局所 10g に比べて全身平均 SAR の制限が厳しい条件も見られることを確認した。ただし、人体との距離が比較的近い(図 G.2.5.2-1 中で、d =10 [mm])場合においては、CASE(B)と CASE(C)では全身平均 SAR の制限が厳しいが、それ以外の条件では局所 SAR の制限の方が厳しいことがわかった。また、7 MHz 帯水平巻きのシステムにおいて同様の検討を行ったところ、近距離(G.=10 mm)ではいずれの場合も局所 SAR の制限の方が厳しいことが確認された。システム

の条件によっては局所 SAR に比べて全身平均 SAR が無視できる場合もあるが、より体の小さい小児では成人に比べて全身平均 SAR が大きくなることもある考えられる。また、外部電界の影響、外部磁界の影響を個別に取り扱った報告では、外部電界の影響を無視した場合、局所 SAR は過小評価されるものの、 (A)の場合が最大となり、過小評価の割合は高々30%程度であることが示されている(6)。

次に、対象とする人体モデルを不均質モデルに拡張する。図 G.2.5.2-2 に示す(a)10 MHz 帯ソレノイド型、(b)7 MHz 帯ソレノイド型、(c)7 MHz 帯水平巻きの 3 つのシステムを想定し、モーメント法、FDTD 法、インピーダンス法の 3 つの手法を用いて均一な人体モデル TARO 内の体内誘導量を解析した。モーメント法ではシステムと人体の結合及び周辺電磁界を考慮した解析となるのに対し、ここで用いた FDTD 法及びインピーダンス法ではシステムと人体の結合を無視し、FDTD 法では周辺電磁界をインピーダンス法では周辺磁界のみを考慮した解析となる。ここでは、システムと人体との距離を 2 cm とし人体の電気的特性は 2/3 筋肉を用いた。

周辺電磁界を考慮した FDTD 法による結果と周辺磁界のみを考慮したインピーダンス法による結果を比較したところ、ソレノイド型のシステムにおいては電界を無視することによる差異は局所 10gSAR に対しては 30%程度であり、簡易モデルに対する検討(6)と同様である。一方、全身平均 SAR については 65%程度になる場合もあることが確認された。水平巻きのシステムについては、電界を無視することによる差異は局所及び全身でそれぞれ 14.5%程度といずれも比較的小さかった。ここで用いた FDTD 法及びインピーダンス法による解析では、システムに人体が近接することによる結合を考慮していない。そこで、システムと人体の結合を考慮したモーメント法による解析と、システムと人体との結合を無視した FDTD 法による解析を比較した。その結果、条件によっては 53%程度の差異が生じる。通常人体が存在することで周辺の電界強度は低下すると予想されるため、ここで行った検討は電界の影響を実際よりも過大に評価していると考えられる。

上述の結果はシステムの構造に依存しており、今後システムについての限定的な条件（例えば水平巻きの小型なシステム等)が与えられた場合には電界による影響を除外できる可能性もある。

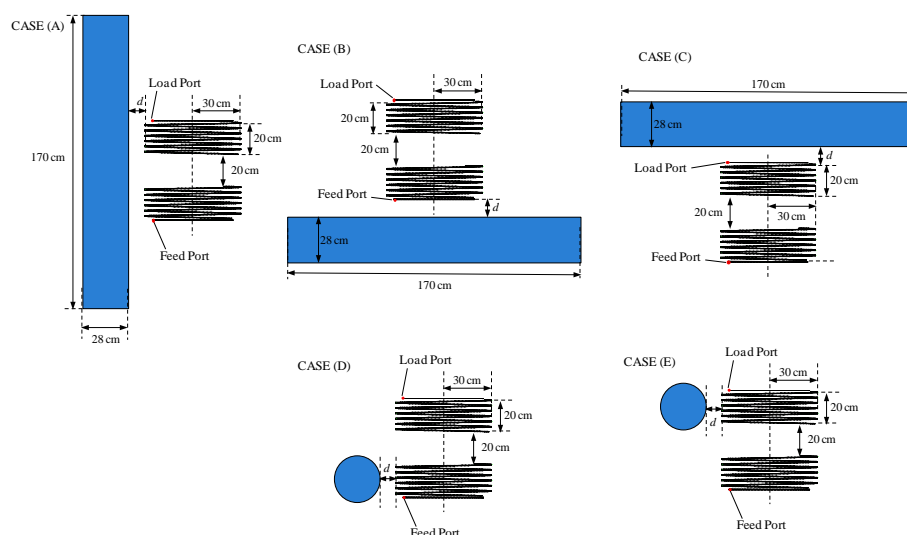



図 G.2.5.2-1 円柱モデルとシステムの配置

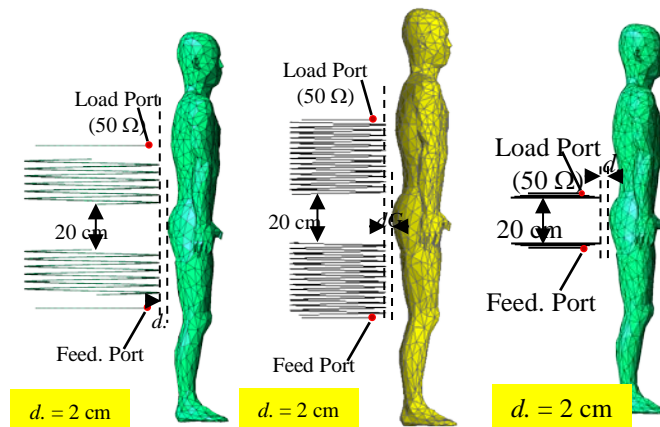



図 G.2.5.2-2 リアル人体モデルとシステムの配置(a)10 MHz 帯ソレノイド型, (b)7 MHz 帯ソレノイド型, (c)7 MHz 帯水平巻き

詳細な人体モデルを用いた場合の体内誘導電磁界を解析し、特に局所 SAR のばらつきについて検討する(7)。コイルに対して人体モデルを水平方向に動かす場合、人体モデルに対してコイルを垂直方向に動かす場合のばく露条件をそれぞれ図 G.2.5.2-3(a), (b)に示す. 2 つのコイルは水平方向に同一の高さで配置された。ここで、人体モデルはコイルの伝送方向とモデルの身長方向が直交するように配置することとした。モデルを水平方向に動かす場合には図 G.2.5.2-3 (a)に示す A から I の 9 箇所に日本人成人男性モデルを配置し、コイルを垂直方向に動かす場合には図 G.2.5.2-3 (b)に示す A から H の 8 箇所にコイルを配置し解析を行う。なお、コイルと人体モデルまでの距離を 50mm とし、コイルからの送信電力は 1W とした。

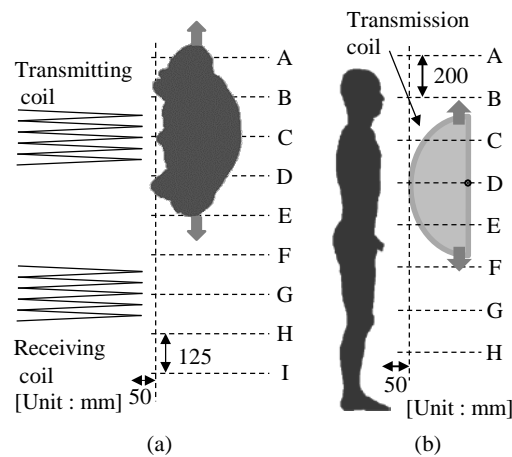
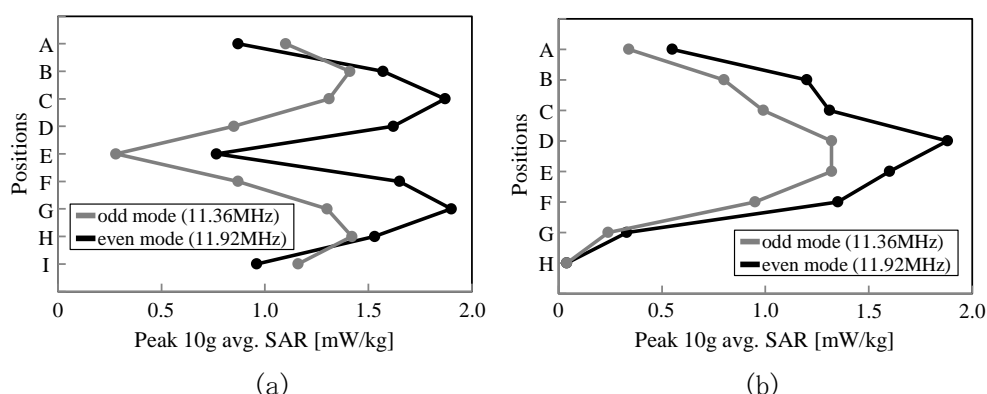
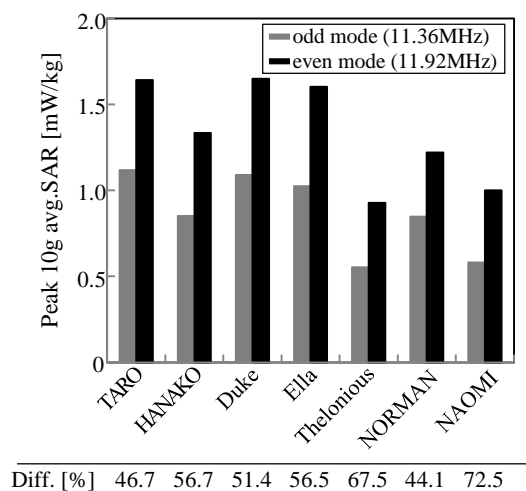



図 G.2.5.2-3(a)数値人体モデルを水平に移動させる場合(b)コイルを垂直方向に移動させる場合の相対位置関係

図 2.5.2-4(a)に日本人成人男性モデルを水平方向に移動させた場合の、図 G.2.5.2-4(b)にコイルを垂直方向に移動させた場合の 10g 平均 SAR のピーク値の計算結果を示す。図 G.2.5.2-4(a)より、送受信コイル正面 C 及び G 付近の局所ピーク SAR は、他の位置に比べ大きいことがわかる。これは、コイルを構成する導線付近において磁界が大きいため、それに伴い SAR が大きくなったと考える。また、図 G.2.5.2-4(b)より、胸部正面 D 付近の局所 SAR が最も大きいことが確認できる。なお、奇モードの局所 SAR は胸部正面 D から E にかけてほ

ぼ同じ値であることを確認している。これは、各位置において、磁束がモデルを通過する断面積の大きさが異なるため､磁束に対して実効的な断面積が大きいD付近でSARが最大になったと考える。なお、 SAR の傾向がモードにより異なるのは、磁界分布の相違のために局所SARの最大値が出現する場所が異なり､人体の不均質性のためにその位置での導電率が異なることが挙げられる。

最後に、本検討における最悪のばく露条件である人体胸部とコイルの距離を50㎜とした場合に、複数のモデルにおいて局所SARを解析した結果を図G.2.5.2-5に示す。モデルとしては、日本人成人男性モデルTARO、女性モデルHANAKO、スイスで開発されたモデル群における成人男性、女性モデルのDuke、Ella、子供モデルのThelonius、英国で開発された標準的成人男性モデルNORMAN、女性モデルNAOMIを用いた。

図G.2.5.2-4　数値人体モデルを(a)水平方向､(b)垂直方向に移動させた場合の10g平均SARのピーク値

図G.2.5.2-5　各モデルにおける10g平均SARのピーク値

図G.2.5.2-5より、すべての人体モデルに対して、奇モードに比べ偶モードの局所ピークSARが大きくなっていることわかる。奇モードを基準とし、

$$\mathrm{Diff.} = \frac{\mathrm{SAR}_{\mathrm{even}} - \mathrm{SAR}_{\mathrm{odd}}}{\mathrm{SAR}_{\mathrm{odd}}}$$

(式G.2.5.1)

を用いてモードによる差異を計算すると､モード間の差異は最大で72.5%となった。これは、奇モードでは送受信コイルに同じ向きの電流､偶モードでは逆向きの電流が流れることによ

り、奇モードに比べ偶モードでは磁気結合コイル外側での電気力線が多いため結合が強く(7)、結果として磁界強度が強いため SAR が大きくなったと考える。また、成人モデルではほぼ同じ SAR が得られたことが確認できる一方、小児モデルにおける SAR は成人に比べて小さかった。また、成人モデルの局所ピーク SAR は、奇モードにおいては最大で 102%、偶モードにおいては最大で 72%大きく、モードによる相違が確認されなかった。これは、先にも述べた通り、各人体モデルの断面積の大きさの差異に起因するものと考える。

G.2.5.3 家電機器用 WPT②

図G.2.5.3-1に携帯情報端末の電磁誘導型WPTシステムで用いられる伝送コイルモデルを示す。コイルは、受信側、送信側ともに 1 個のスパイラルコイルから構成される。また、送信側と受信側のコイルにはそれぞれ整合用インピーダンスが配置されており、入力電力として 1W を送信側に給電する。

(a) (b)

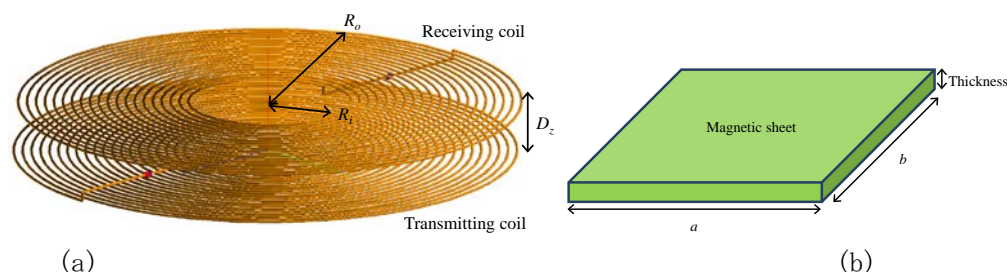



図 G.2.5.3-1 (a)伝送コイル(R_i =6mm, R_o =20mm, D_z =3.5mm, 20 turns)及び(b)磁性体シート(a=50mm, b=50mm, Thickness=0.6mm)の外観

磁性体シートの概形を示す。この磁性体シートは携帯情報端末の WPT システムを忠実に再現するため、図 G.2.5.3-1(a)の伝送コイルの上方及び下方に挿入する。磁性体シートの比透磁率は 7000 とした。本解析で用いる WPT システムは携帯情報端末の非接触充電をモデル化しているため、充電状態と待受状態の 2 つの状態が想定される。よって、磁界分布の導出及び電磁界の体内誘導量の解析では、下方の伝送コイルを充電器、上方の伝送コイルを携帯電話とし、充電状態と待受状態の両状態について検討を行う。

充電中、待受中の磁界分布の解析結果を図 G.2.5.3-2 に示す(8)。周波数には 140 kHz を用いた。同図において、待受中における磁界分布は対称的でなめらかな分布であるのに対して、充電中の磁界分布には局所的な変動の存在が確認できる。これは充電中における受信側の磁性シート（伝送コイル上方に挿入される磁性シート）によるものと考える。さらに充電中にくらべ待受中において磁界強度は大きくなることが確認できる。これは充電中では受信側により電力が吸収されるためだと考える。

不均質数値人体モデルに無線電力伝送システを配置した場合の解析条件を図 G.2.5.3-3 に示す。また、送信コイルは、人体胸部表面より 10mm の位置に配置している。充電時の受信コイルは人体側に配置される。また、胸部におけるばく露位置は中心より±60mm ずつずらし解析を行った。コイルの周波数は 140 kHz とし、入力電力は 1W としている。なお、ここでは示さないが、人体胸部付近に配置した方が、腕部配置した場合に比べて高い誘導電界となったことを付記する。

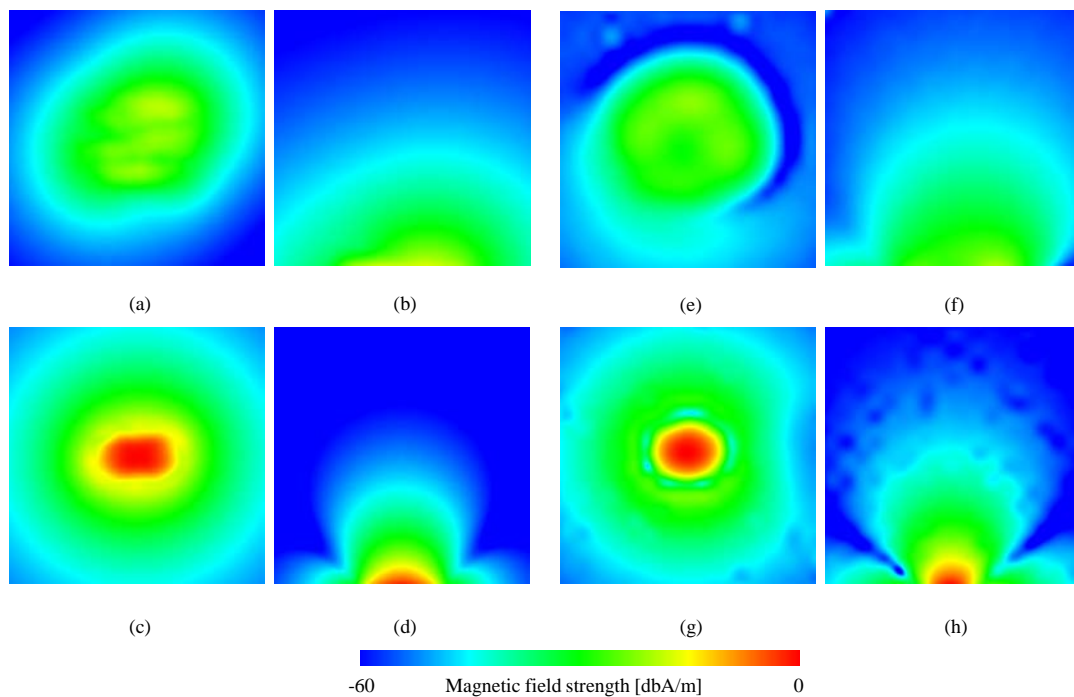



図 G.2.5.3-2　磁界強度分布の解析値(充電時(a)xy 平面，(b)*yz* 平面，待受時(c)*xy* 平面，(d)*yz* 平面)及び測定値(充電時(e)xy 平面，(f)*yz* 平面，待受時(g)*xy* 平面，(h)*yz* 平面)

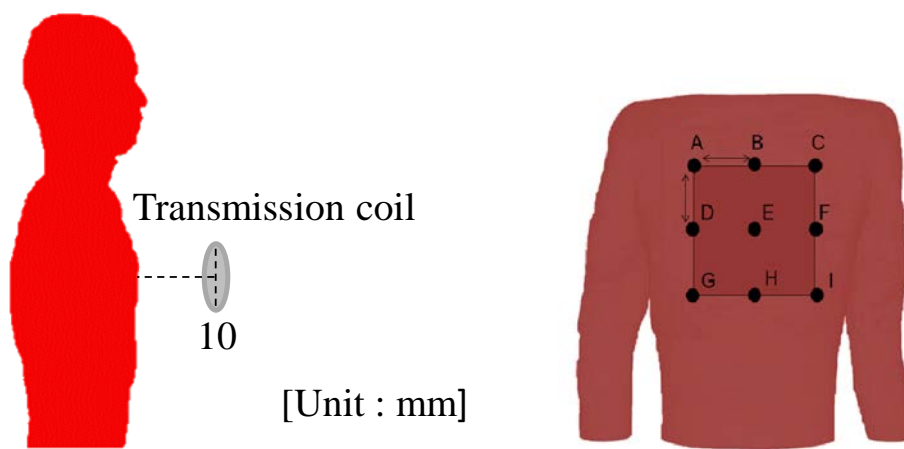



図 G.2.5.3-3　人体とコイルの位置関係、人体胸部におけるばく露位置

表 G.2.5.3-1 に人体モデルでの充電状態、待受状態の誘導電界及び SAR を、充電状態、待受状態についてそれぞれ示す。表 G.2.5.3-1 より、充電状態における 10g 平均 SAR の最大値は 1.31n W/kg である。ICNIRP 国際ガイドラインの基本制限値との割合を比較した場合、本周波数帯では誘導電界の方が支配的になることが確認できる。なお、全身平均 SAR は 2.89p W/kg であり、本指標の基本制限値 0.08W/kg と比較すると 3.61×10^{-11} 倍であった。これは、上記の 10g 平均 SAR の最大値をその基本制限値 2W/kg と比較した場合の 6.55×10^{-10} 倍を下回る結果である。よって全身平均 SAR に比べ 10g 平均 SAR がより制限的な指標である。

表 G.2.5.3-1　胸部表面における局所ＳＡＲと体内誘導電界

	局所 10g 平均 SAR[nW/kg]		最大体内誘導電界 [mV/m]	
	充電時	待受時	充電時	待受時
A	0.49	18.5	9.1	44.3
B	0.47	18.4	7.2	45.4
C	0.77	29.7	7.1	41.2
DG.	0.51	19.8	6.8	39.1
E	1.1	41.5	9.9	57.8
F	0.72	27.7	6.9	37.9
G	0.66	26.9	6.7	38.2
H	1.3	49.9	12.2	80.7
I	0.79	31.1	7.6	42.7

G.2.5.4 結合係数

無線電力伝送システムへの適合性評価の際に、IEC62311、IEC62233（G.1.3 節）で規定される結合係数を求めれば、測定／計算より得られたばく露量に掛け合わせることにより、修正ばく露量を求めることができる。つまり参考レベルとの比較のみで、誘導電流密度や局所 SAR 等の基本制限値に即した適合性評価が可能となる。

本節の結合係数の導出において、IEC62233 で定義される人体の形状を簡易化した均質モデル及び日本人の成人男性を対象とした詳細な数値人体モデル TARO を用いた。表 G.1.3-1 に示した簡易人体モデルにおける導電率は、2/3 筋肉組織のものとした。WPT システムに対する結合係数の最初の適用例は文献[9]であり、二つのコイルからなるシステムを１つの１ループコイルに置き換えても分布が大きく変わらないことを示している。

表 G.1.3-1 で示した a_c を総務省防護指針に適用、準用するものとする。電流密度、SAR に対するカップリングファクターを以下のように定義した。

$$a_{c1} = \frac{J_{\max_sim} / H_{\max_sim}}{J_{\lim} / H_{\lim}}$$

$$a_{c2} = \frac{\sqrt{SAR_{\max_sim}} / H_{\max_sim}}{\sqrt{SAR_{\lim}} / H_{\lim}}$$

ここで、$J_{\lim}$、$SAR_{\lim}$、 $H_{\lim}$ は、総務省電波防護指針で定義された体内誘導電流密度に対する基礎指針値、比吸収率対する基礎指針値、電磁界強度指針値であり、$J_{\lim}$、$H_{\lim}$ は周波数に依存する。また、数値解析による検討であるものの、測定の実施を念頭に、測定センサの面積（100 cm^2）も考慮した。

なお、家電型の無線電力伝送システムでは、人体とシステムの距離が 0 となる場合があることから、電気自動車向け磁界共鳴型 WPT システムを除き、距離 0 を基準とした。以下に、各システムの結合係数の導出事例を示す。本節における引用文献は、コイルなど概略的なものを示すものであり、それらの文献は必ずしも結合係数を導出したものではないことを付記する。

電気自動車向け磁界共鳴型 WPT

名古屋工業大学による検討[3]では、電気自動車本体と詳細人体モデルの距離を 200mm とし

た場合誘導量に基づく結果である。なお、電気自動車に装荷されているコイルはフェライトコア芯（透磁率 1800）を有するソレノイド型（14 巻）とし、コイルを車両前方、中央、後方の 3 つの位置に装荷した場合を考えた（伝送距離はそれぞれ、120㎜、 120㎜、150㎜)。コイルから車両端までの距離は約 450㎜ である。共振周波数として、85 kHz を考え、145 kHz については周波数スケーリングを用いて考察している。周波数 85 kHz における詳細人体モデルを用いた解析より、誘導電流密度に関する結合係数 a_{c1}は、車両前方、中央、後方にコイルを配置した場合、それぞれ、0.0078、0.0084、0.0050 であった。 1g 平均 SAR に対する結合係数 a_{c2}は車両前方、中央、後方で、0.0021、0.0030、0.0025 であった。つまり、誘導電流密度を用いた評価が安全側であることを示唆するものである。また、145 kHz では、 10g 平均 SAR に対する結合係数 a_{c2}は 0.0020、0.0022、0.0025 であった。一方、簡易人体モデル（距離 200mm）を用いた場合の結合係数 a_{c1}は、0.018、0.025、0.011 であった。

情報通信研究機構による解析[10]では、電気自動車の車体を考慮せず、詳細人体モデルと水平巻円形コイル（伝送距離 200㎜）からの距離を 200㎜ とした場合の解析結果に基づく。対象周波数は、110 kHz、125 kHz（奇モード、偶モードに相当）である。それ以外の研究機関との比較のため、100 kHz スケーリングした値を示すこととする。110 kHz（奇モード）、125 kHz（偶モード）における解析結果を 100 kHz にスケーリングし、誘導電流密度を評価指標とした場合の均質リアル形状モデルに対する結合係数 a_{c1} は、それぞれ 0.018、0.011 であった。一方、不均質なモデルを用いた場合には、0.011、0.006 となった。

首都大学東京のグループ[11]では、簡易形状人体モデルを対象とし、完全磁性体コア芯を有するソレノイド型及び水平巻円形コイル（いずれも伝送距離 140㎜）に対し、最大体内電界強度を導出している。周波数は 100 kHz である。ソレノイドコイル型 WPT システムに対する解析結果より、簡易形状人体モデルにおける誘導電流密度に対する結合係数 ac1 は、300㎜ で 0.031、 700㎜ で 0.030 であった。一方、水平巻コイルについては、それぞれ 0.034、0.029 であった。

報告例の多い 100 kHz 以下における結果をまとめたものを、表 G.2.5.4-1 に示す。表より、最大値は 0.034 であることがわかる。なお、リアルモデルに対する結合係数に、ICNIRP におけるリアルモデルに対する数値不確定性に関する低減係数が 3 を加味しても、簡易人体モデルにより導出した値よりも小さい。ここで、表 G.1.3-3 より、結合係数はコイルの大きさ及びコイルから人体までの距離に依存する。IEC で想定しているものは 1 ループのコイルであるが、WPT システムを構成する二つのコイルを伝送方向に配置した 1 ループコイルに近似的に置き換えられることが報告されている[9]。伝送距離が 10 cm あるいはそれ以上であり、コイルから人体までの距離が離れたシステムにおいては、結合係数のばらつきは高々30%程度であった。以上のことから、安全側のマージンを見込んだ値として、結合係数 0.05 を適用することで十分に安全側の評価を行えるものと考えられる。

表 G.2.5.4-1　電気自動車向け磁界共鳴型 WPT システムの結合係数推定例

	モデル化	コイル	伝送 距離	人体モデル	コイル―モデル距離	結合係数
名工大	車両考慮	ソレノイド	120（前方）	リアル 簡易	車両から 200 mm（= コイルから 650 mm）	0.0078 0.018
			120（中央）	リアル 簡易		0.0084 0.025
			150（後方）	リアル 簡易		0.0050 0.011
首都大	コイル＋PEC 平板	ソレノイド	200	簡易	300mm	0.031
					700mm	0.030
		平板			300mm	0.034
					700mm	0.029
ＮＩＣＴ	コイルのみ	平板	200	均質リアル リアル 均質リアル リアル	200mm	0.018（奇） 0.013（奇） 0.011（偶） 0.0063（偶）

家電機器用 WPT①本周波数帯では、電界の影響や局所ばく露に対する指標（局所 SAR）と全身ばく露に対する指標のどちらが支配的かは不明瞭であるが、下記値の導出に当たっては、その点を必ずしも議論していない。

情報通信研究機構における検討では、図 G.2.5.2-2 に示すソレノイド型、水平平板型システムに対する結合係数を導出している。また、人体モデルは、詳細な人体モデル TARO に加え、それを均質化したモデルの結果も導出している。奇モードに対する結合係数は、詳細モデルに対して 0.012、 それを均質化したモデルに対して 0.010 であった。偶モードについては、0.013、均質モデルに対しては 0.022 であった。水平巻コイルについては、ソレノイド型よりも若干小さい値であるが同等の結果が得られた。

首都大学東京における検討[11]では、400mm×400mm の正方形コイル（3 巻）を考え、距離 200mm の伝送を行っている。周波数は、奇モード、偶モード、それぞれ 13.98MHz、14.90MHz であった。また、人体モデルとしては簡易形状人体モデルを取り扱っている。首都大学東京による結果は、距離 100mm のとき奇モード、偶モードともに 0.011、距離 300mm のとき奇モード、偶モードともに 0.012 であった。

名古屋工業大学における検討[7]では、半径 300mm の 5 巻コイルを考え、伝送距離を 300mm としている。50Ω の負荷を加え、共振周波数は、奇モード、偶モード、それぞれ 11.36MHz、11.92MHz であった。また、人体モデルとしては詳細人体モデルを取り扱っている。距離 10mm のとき奇モード 0.0087、偶モード 0.010 であった。

以上の結果をまとめたものを、表 G.2.5.4-2 に示す。

表 G.2.5.4-2　家電機器用 WPT①の結合係数推定例

	コイル	コイル径など	伝送距離	人体モデル	コイル―モデル距離	結合係数
NICT	ソレノイド	半径 300 mm	200	均質 均質 不均質リアル 不均質リアル	20mm	0.010（奇） 0.022（偶） 0.012（奇） 0.013（偶）
	水平巻	半径 200 mm	200	均質 均質 不均質リアル 不均質リアル	20mm	0.010（奇） 0.016（偶） 0.0088（奇） 0.010（偶）
首都大	ソレノイド	400mm 正方形 3 巻	200	簡易モデル	100mm	0.011（奇）
						0.011（偶）
					300mm	0.012（奇）
						0.012（偶）
名工大	ソレノイド	300mm 円形 5 巻	300	不均質リアル	10 mm	0.0087（奇） 0.010（偶）

家電機器用 WPT②

名古屋工業大学[(8), (12)]では、伝送システムを構成する送信側と受信側 2 つのコイルは直径 0.3 mm の完全導体導線によりモデル化した。コイルの内径と外径はそれぞれ 12 mm、40 mm であり、巻数は 20、伝送距離は 3.5 mm である。また、厚さ 0.6 mm、一辺 50 mm 正方形の磁性シートを送信、受信コイルから 0.5 mm の位置に 2 つのコイルを挟みこむように配置する。磁性シートの比透磁率は 7000 とした。本システムの動作周波数帯は 140 kHz とした。人体モデルとしては、詳細人体モデルに加え、簡易人体モデルも考えた。人体モデル―コイル間距離は 10mm としている。名古屋工業大学では、140 kHz において動作する電磁誘導方式無線電力伝送システムに対し、距離 10mm の場合の結合係数を検討しており、100 kHz において換算したところ、電流密度、SAR に関する結合係数は、それぞれ 0.022、0.0087 であり、100 kHz 未満の電気自動車用 WPT システム同様、電流密度における評価が安全側の評価を与えている。なお、待ち受け時においても同様の検討をしたところ、0.0093、0.0030 であった。簡易人体モデルに対して検討を行ったところ、充電時及び待受け時における電流密度に関する結合係数は 0.040、0.017 であった。

情報通信研究機構（NICT）では、詳細人体モデルとコイル間の距離を 20mm とし、水平巻の磁気共鳴コイルを人体モデル背面に配置した状態での解析を行った。詳細人体モデルを均質化したモデルにおける結合係数を導出しており、110 kHz、125 kHz を 100 kHz にスケーリングして検討した結果、奇モード、偶モードそれぞれ 0.017、0.020 であった。

以上の結果をまとめたものを、表 G.2.5.4-3 に示す。

表G.2.5.4-3　家電機器用WPT②の結合係数推定例

	モデル化	コイル	伝送距離	状態	人体モデル	コイルモデル距離	結合係数
名工大	フェライトシート有	スパイラル内径12mm外径40mm（20巻）	3.5	充電	リアル 簡易	10 mm	0.022 0.040
				待受	リアル 簡易		0.0087 0.017
NICT	シールドなし	半径225 mm	20	充電	均質リアル	20 mm	0.017（奇） 0.020（偶）

参考文献

(1) 市川真士，森晃，川久保淳史，“磁界共鳴型近距離無線電力伝送試験装置の開発 (3)ソレノイド型コイルを用いたkW 級システムにおける磁界特性”,信学ソ大,B-1-27 (2013).

(2) I.Laakso, A. Hirata, and O. Fujiwara, Computational dosimetry for wireless charging of an electrical vehicle”,Proc. International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Tokyo, (2014).

(3)I.Laakso and A. Hirata, “Evaluation of induced electric field and compliance procedure for wireless power transfer system in an electrical vehicle”, Phys. Med. Biol., Vol.58, pp.7583-7593, (2013).

(4) 島本拓也，ラークソイルッカ，平田晃正，“無線電力伝送システムによる人体モデル内誘導電界のばく露条件件によるばらつき,” 電子情報通信学会技術報告書, EST2014-32.

(5) 青木悠平，チャカロタイ ジェドヴスノプ，和氣加奈子，藤井勝巳，有馬卓司，渡辺聡一，宇野亨，EV用kHz帯WPTシステム近傍における簡易人体モデル内の誘導量評価，電子情報通信学会技術報告書, EMCJ2014-8.

(6)A. Hirata, F. Itoh, and I. Laakso, “Confirmation of quasi-static approximation in SAR evaluation for wireless power trasnfer system,” Phys. Med. Biol., vol.58, no.17, pp.N241-249, (2013).

(7)土田昌吾，ラークソイルッカ，平田晃正，“磁気共鳴型無線電力伝送に対する高速人体数値ドシメトリ解析,” 電子情報通信学会和文論文誌(C), vol.J96-C, no.6, pp.122-130, 2013.

(8) T. Sunohara, A. Hirata, I. Laakso, and T. Onishi, “Analysis of in-situ electric field and specific absorption rate in human models for wireless power transfer system with induction coupling,” Physics in Medicine and. Biology, Vol.59, no.14, pp.3721-3735, 2014.

(9) 関根大輔，多氣昌生，“IEC62311 のカップリングファクターを用いたワイヤレス電力伝送装置の人体ばく露評価,” 電子情報通信学会技術報告書, EMCJ2013-61.

(10) 岩本卓也，チャカロタイ ジェドヴィスノプ，和氣加奈子，藤井勝巳，有馬卓司，渡辺聡一，宇野亨，“MHz帯WPTシステム近傍の簡易人体モデルに対するばく露評価,” 電子情報通信学会技術報告書, EMCJ2014-8, (2014).

(11) 関根大輔,多氣昌生,“電気自動車用ワイヤレス電力伝送装置の人体ばく露評価,” 電子情報通信学会技術報告書, EMCJ2013-127.

(12)春原哲，平田晃正，大西輝夫，“100kHz 帯電磁誘導型無線電力伝送システムに対する
適合性評価法の一検討,” 電子情報通信学会技術報告書，MW2014-49.

付録H　中波放送受信機の干渉耐性に関する試験結果

H.1 試験の目的

WPT システムと中波放送の共用検討において、WPT システムの試験装置から中波放送受信機への干渉影響を試験により評価した（「3.7　中波放送との共用検討」参照）。この試験において、中波放送受信機の基本性能、特に干渉耐性を把握しておく必要がある。以下に、干渉耐性について試験により確認した結果を報告する。

H.2 非測定中波放送受信機の選定

中波放送受信機として、様々な性能のものが市場に出回っている。本試験においては、そのような中波放送受信機を網羅して実施する必要がある。この点を考慮し、放送事業者及び製造メーカなどの意見を元に、以下の表 H.2-1 に示す中波放送受信機を選定した。表 H.2-1 には各中波放送受信機の特徴についても記載する。

表 H.2-1 干渉耐性試験に用いた中波放送受信機一覧

メーカ	型番	特徴
A社	A1	アナログチューニング、高感度、同期検波回路搭載
A社	A2	シンセサイザチューニング、汎用
A社	A3	シンセサイザチューニング、多用途
B社	B1	シンセサイザチューニング、ワンセグテレビの音声とFM/AMラジオ対応
C社	C1	DSPチューナ、ワンセグテレビの音声とFM/AMラジオ対応

H.3 測定内容とその方法

各中波放送受信機の受信特性の把握のため、以下の項目の測定を行った。

(1) AGC 特性
(2) オーディオ周波数特性
(3) オーディオノイズフロア特性
(4) 聴感による妨害混入音の確認

測定セットアップと測定方法について以下に説明する。

H.3.1 中波放送受信機のセットアップ

図 H.3-1 に測定に用いる中波放送受信機の測定セットアップの構成を示す。この図に示すように、信号発生器より発生させた信号を中波放送受信機のアンテナで受信させ、オーディオ周波数帯（AF 帯）の信号を取り出し、その信号をスペクトラムアナライザで測定し確認することにより、中波放送受信機の受信特性を把握する。図 H.3-2 には、オーディオ周波数帯における受信スペクトラムのイメージを示す。この図に示すように、干渉波が受信機のノイズレベル以下、もしくは、受信信号の帯域外にある場合には、中波放送受信機への干渉が無いが、干渉波が受信信号の帯域内にあり、かつ、そのレベルが受信機ノイズレベルより大きい場合には干渉有りという判断になる。

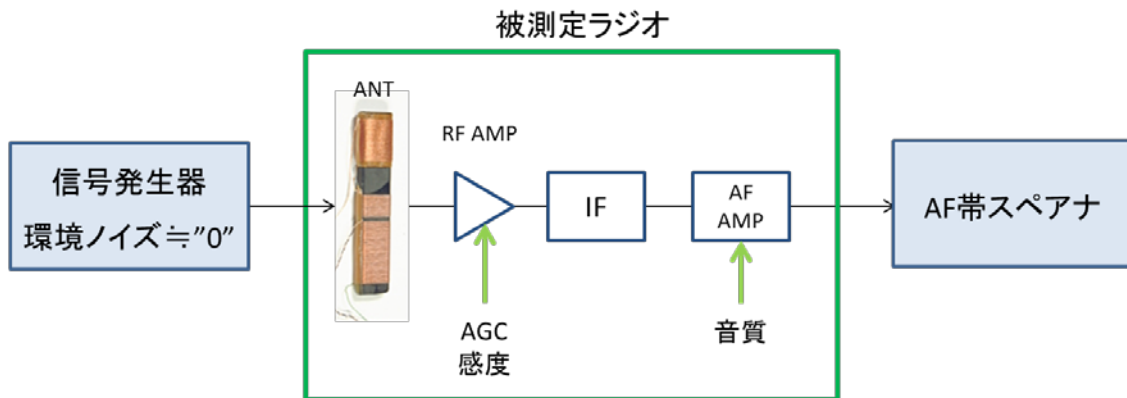



図 H.3-1 中波放送受信機の測定セットアップ構成

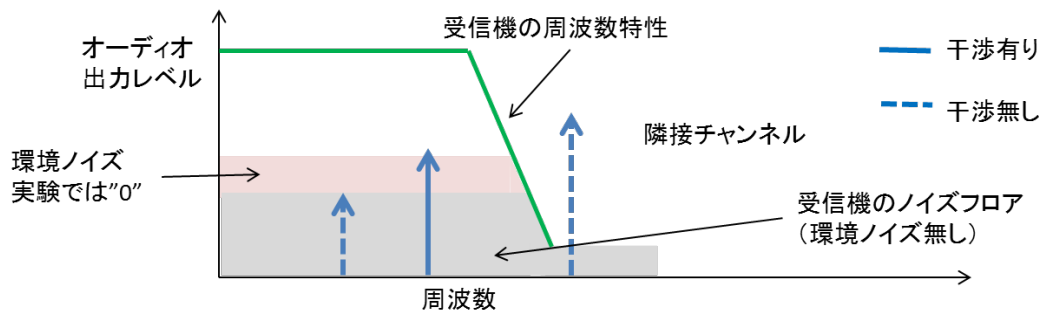



図 H.3-2 オーディオ周波数帯における受信スペクトラムの概念図

H.3.2 測定方法

オーディオ周波数特性、オーディオノイズ特性、AGC 特性の測定に対して、図 H.3-3 に示すような構成による測定を実施した。イヤホン出力端子より信号を取り出すことにより、各特性を測定、評価する。

なお、ここで、平面波としての信号を挿入し、それを受信させるために、㈱エレナ電子製 GTEM セル(※)を用いた。詳細は割愛するが、GTEM セル内での電界、磁界の平面波特性(波動インピーダンスが 120πΩになっている点など)や測定地点での電界、磁界強度の変換係数等の確認は実施済みである。

※GTEM セル:EMC 試験を簡易に行う方法として考えられた同軸型 TEM セルを、より広帯域化した装置。GTEM:GHz Transverse Electro Magnetic。

各測定項目についての詳細な測定手順は、以下の通りである。

(1) オーディオ周波数特性の測定方法

- GTEM セル内に受信信号の電界を発生させる。
- RF 帯信号発生器(RFSG)にオーディオ信号発生器(オーディオ SG)から AM50%変調をかける。
- 中波帯ラジオを受信状態にして GTEM セル内へ置く。
- 中波帯ラジオのイヤホン出力をレベルメータ(スペクトラムアナライザ)で読む。

- オーディオ SG の周波数をスイープする。
- レベルメータのデータを記録する。
- 上記作業を受信周波数　576kHz、1602kHz、電界レベル 60dBμV/m の条件で行う。
- 中波放送受信機の機能で感度切替、音質切替のある物は全てのモードでデータを採る。

(2) オーディオノイズフロア特性の測定方法
- GTEM セル内に受信信号の電界を発生させる。
- RFSG にオーディオ SG から 1kHz、AM50%変調をかける。
- 中波放送受信機を受信状態にして GTEM セル内へ置く。
- 中波放送受信機のイヤホン出力をレベルメータで読む。
- レベルメータのデータを記録する。
- 上記作業を受信周波数 576kHz、1602kHz、電界レベル 60dBμV/m、48dBμV/m の条件で行う。
- 中波放送受信機の機能で感度切替、音質切替のある物は全てのモードでデータを採る。

(3) AGC 特性の測定方法
- GTEM セル内に受信信号の電界を発生させる。
- RFSG にオーディオ SG から 1kHz、AM50%変調をかける。
- 中波放送受信機を受信状態にして GTEM セル内へ置く。
- 電界強度を 2dB ステップで変化させた時のラジオ音声出力（1kHz）をレベルメータで読む。
- レベルメータのデータを記録する。
- 上記作業を受信周波数 576kHz、1602kHz で行う。
- 中波放送受信機の機能で感度切替、音質切替のある物は全てのモードでデータを採る。

図 H.3-4 には、中波放送受信機の聴感による妨害混入試験の構成を示す。ここでのポイントは、GTEM 内に、中波放送波の放送信号を所望の周波数帯、送信電力に変換して挿入するとともに、WPT からの干渉波に相当する妨害波も発生させて挿入することである。この状態で、GTEM セル内に配置した中波放送受信機による受信信号を聴感で確認する。ただし、今回の聴感試験は聴感試験の専門家によるものではなく、その結果はあくまでも参考データとしての位置づけであることに留意願いたい。具体的な試験方法は下記の通りである。

(4) 聴感による妨害混入音の確認の試験方法
- GTEM セル内に受信信号の電界を発生させる。
- RFSG（希望波）に別な中波放送受信機の音声信号で変調をかける。
- 中波放送受信機を受信状態にして GTEM セル内へ置く。
- 妨害波用信号発生器（UDSG）の出力を CW 波（連続正弦波）で GTEM セルに加える。その時に UDSG（妨害波）の周波数を RFSG（希望波）に対して+1kHz にする
- モニタースピーカーの音声を聞きながら UDSG（妨害波）のレベルを可変して、1kHz のビート音が聞き取れる下限（小さい音）レベルを記録する。
- 上記作業を受信周波数　576kHz、1602kHz で行う。電界レベルについては、66dBμV/m、48dBμV/m の条件で行う。
- 中波放送受信機の機能で感度切替、音質切替のある物は全てのモードでデータを採る。

●　音質切替のある物は標準設定のみでデータを採る。

なお、　本試験に用いた測定装置の一覧を表 H.3-1 に示す。

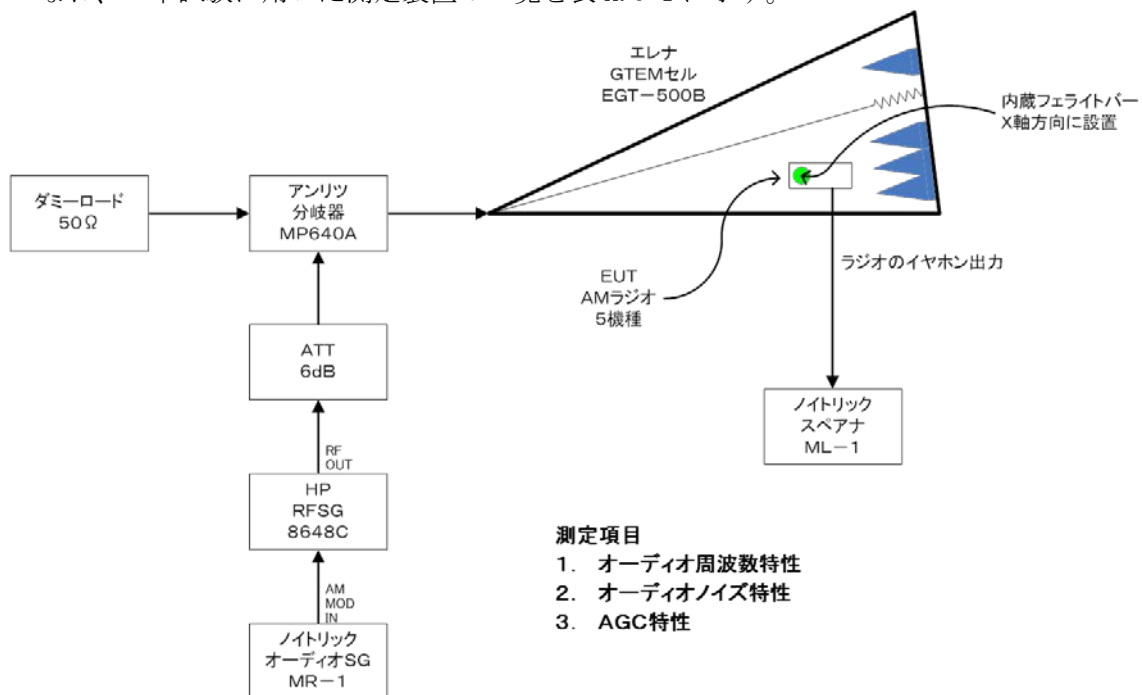



図 H.3-3　中波放送受信機の特性測定の構成

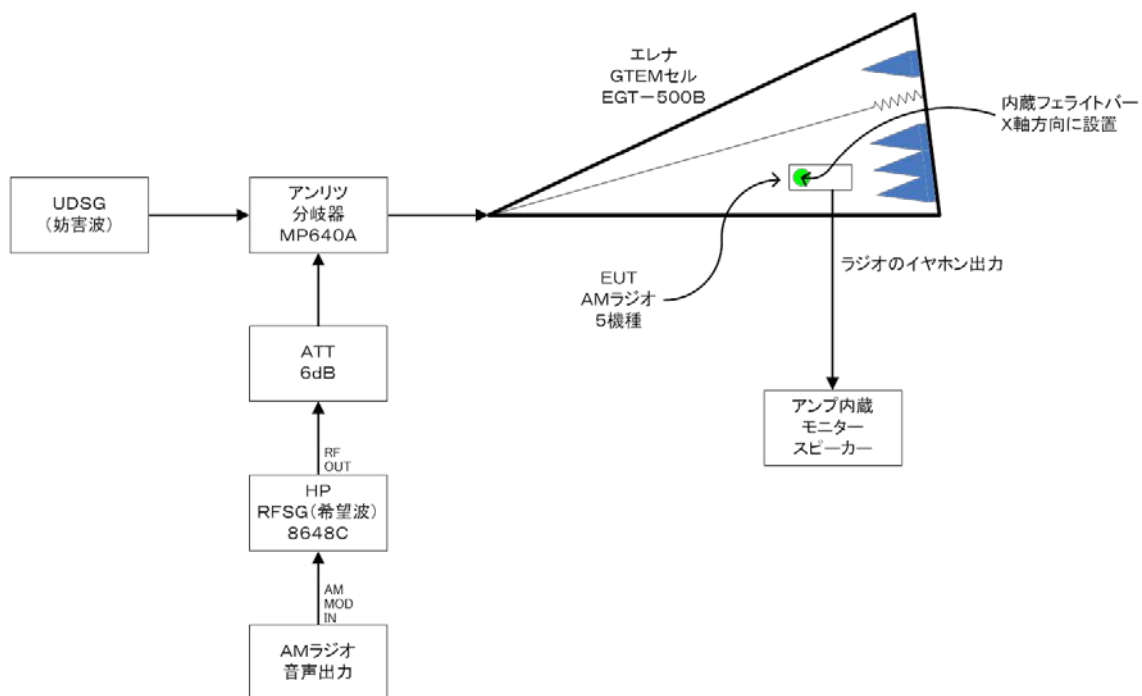



図 H.3-4 中波放送受信機の聴感による妨害混入試験の構成

表 H.3-1 干渉耐性試験に用いた測定装置の一覧

GTEMセル	EGT－500B	エレナ
分岐器	MP640A	アンリツ
ダミーロード	50Ω	
ATT	6dB	
RFSG（希望波）	8648C	HP
オーディオSG	MR－1	ノイトリック
スペアナ	ML－1	ノイトリック
UDSG（妨害波）		
中波帯ラジオ	RFSG変調用	
モニタースピーカー		

H.4 測定結果
以下、測定結果を示す。

H.4.1 AGC 特性
図 H.4-1 に各中波放送受信機の AGC 特性の測定結果を示す。考察は以下の通りである。

- 低雑音区域（48dBμV/m）では RF 部は最大利得動作と推定できる。これは、RF 電界の減少に伴い出力レベルが減少する領域は AGC がすでに最大利得設定に到達していると推定できるからである。ただし、A 社 A1（高感度モード）は 35dBμV/m 程度まで余裕あると考えられる。
- 中雑音区域（66dBμV/m）では AGC 特性は飽和し始めているため、ほぼ全ての中波放送受信機において、60dBμV/m 程度での動作を前提に設計しているものと推定される。

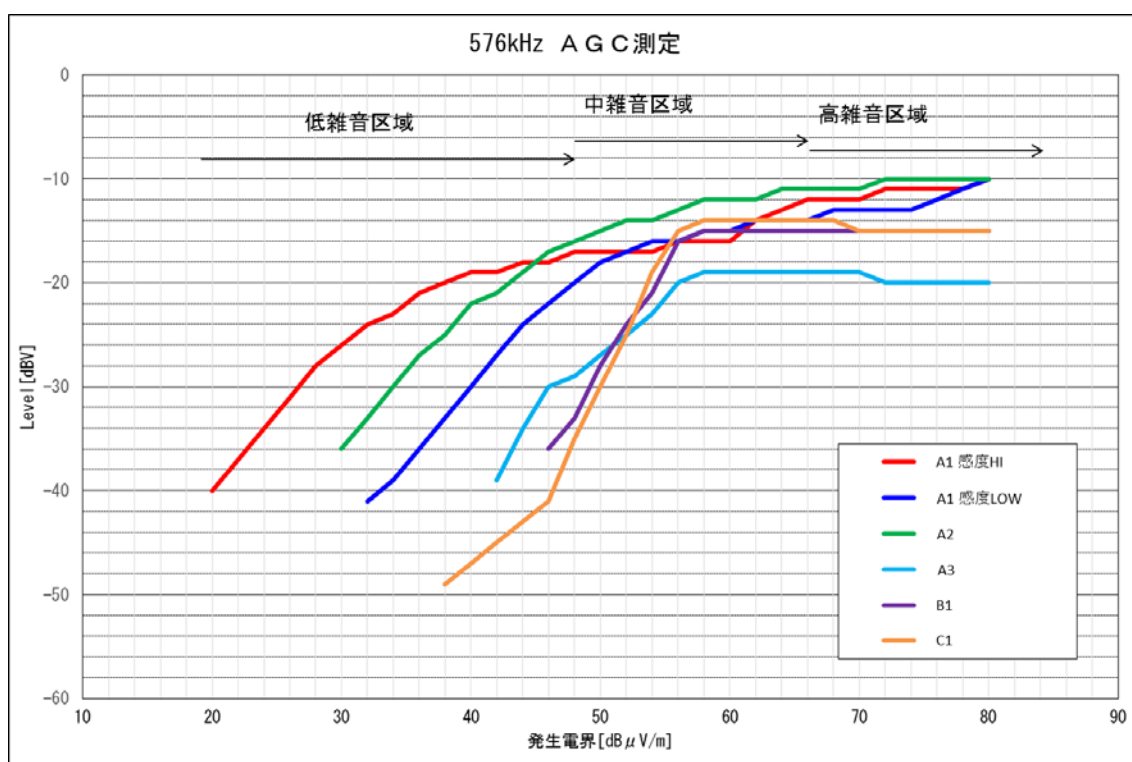



図 H.4-1　各中波放送受信機の AGC 特性の測定結果

H.4.2 オーディオ周波数特性

図 H.4-2 に各中波放送受信機のオーディオ周波数特性の測定結果を示す。考察は以下の通りである。なお、この測定においては、オーディオ周波数帯域における 1kHz の音声レベルで規格化した結果を示している。

- 音質切り替えの設定によって周波数特性は大きく変わるが、 1KHz に対し 4KHz は 10～25dB 程度減衰している。
- これから、WPT 機器からの高調波が放送波に対し 5KHz 以上離調している場合については、WPT 機器による高調波ビート音は 20dB 以上の減衰が期待できる。(ただし放送波信号において高域成分を強調している場合がある)

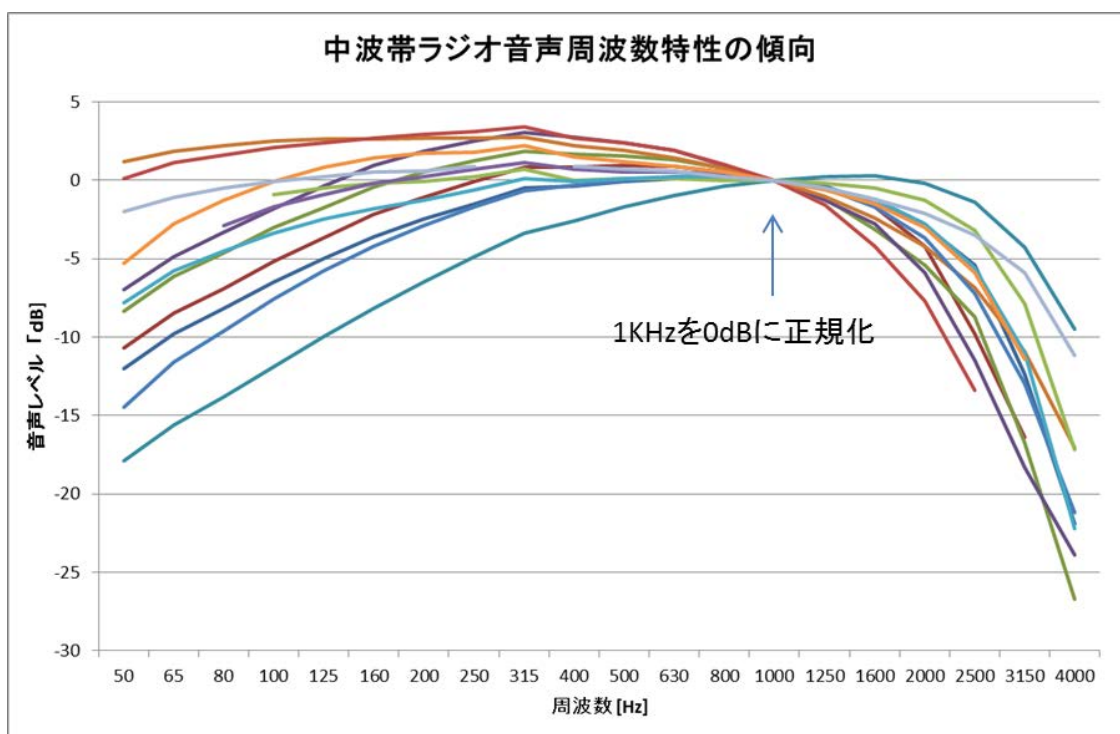



図 H.4-2　各中波放送受信機のオーディオ周波数特性の測定結果

H.4.3 オーディオノイズ特性

表 H.4-1 に、各中波放送受信機におけるオーディオノイズ特性の測定結果をまとめる。ここで、ラジオ内部で発生したノイズによる干渉限界を等価入力ノイズに換算している。等価入力換算ノイズの計算方法については、100%変調に換算した信号レベルを参照電界とし、ノイズの最大値を等価入力ノイズ電界とした。この測定結果から、A 社 A3 の機種を除いて、等価ノイズレベルは「3.7　中波放送との共用検討」で議論している背景雑音レベルに比べて低いことが分かる。

表 H.4-1　各中波放送受信機におけるオーディオノイズ特性の測定結果

			電界	等価入力ノイズ		
			[dBuV/m]	[dBuV/m]		
メーカ	型番	感度		音質Hi	音質Lo	音質N(オフ)
A社	A1	H	48	−	9.6	10.0
		L	48	−	19.5	20.0
		H	60	−	7.9	15.6
		L	60	−	14.0	13.5
A社	A2	−	48	19.4	16.9	16.3
		−	60	15.3	11.0	10.6
A社	A3	−	48	−	24.0	21.5
		−	60	−	17.9	15.6
B社	B1	−	48	21.6	20.0	20.3
		−	60	10.6	11.0	15.3
C社	C1	−	48	−	−	22.4

放送波周波数1602KHz

H.4.4 聴感試験

以下に各中波放送受信機における聴感試験の結果を示す。前述のように、参考データとの位置づけになる。

ラジオ：A社A1

中電界発生時（66dBμV/m）

感度	周波数 576kHz		
HI	妨害レベル	30dBμV/m	
	コメント：	放送	ラジオ放送は、クリアに聞こえる。
		妨害	番組が次第では（音楽など）気にならない。少し間が空いたりすると気になる。
感度	周波数 576kHz	発生電界	66dBμV/m時
LOW	妨害レベル	25dBμV/m	
	コメント：	放送	音声は、クリアに聞こえる。
		妨害	番組が次第では（音楽など）気にならない。少し間が空いたりすると気になる。
感度	周波数 1602kHz	発生電界	66dBμV/m時
HI	妨害レベル	23dBμV/m	
	コメント：	放送	ラジオ放送は、クリアに聞こえる。
		妨害	番組が次第では（音楽など）気にならない。少し間が空いたりすると気になる。
感度	周波数 1602kHz	発生電界	66dBμV/m時
LOW	妨害レベル	27dBμV/m	
	コメント：	放送	音声は、クリアに聞こえる。
		妨害	番組が次第では（音楽など）気にならない。少し間が空いたりすると気になる。

弱電界発生時（48dBμV/m）

感度	周波数 576kHz		
HI	妨害レベル	15dBμV/m	
	コメント：	放送	ラジオ放送は、クリアに聞こえる。
		妨害	番組が次第では（音楽など）気にならない。少し間が空いたりすると気になる。
感度	周波数 576kHz		
LOW	妨害レベル	23dBμV/m	
	コメント：	放送	シャーというノイズが多いが音声は十分聞き取れる。
		妨害	番組が次第では（音楽など）気にならない。少し間が空いたりすると気になる。
感度	周波数 1602kHz		
HI	妨害レベル	14dBμV/m	
	コメント：	放送	ラジオ放送は、クリアに聞こえる。
		妨害	番組が次第では（音楽など）気にならない。少し間が空いたりすると気になる。
感度	周波数 1602kHz		
LOW	妨害レベル	18dBμV/m	
	コメント：	放送	シャーというノイズが多く音声はこもっている感じがするが聞き取れる。
		妨害	番組が次第では（音楽など）気にならない。少し間が空いたりすると気になる。

ラジオ：A社A2

中電界発生時（66dBμV/m）

周波数 576kHz		
妨害レベル	23dBμV/m	
コメント：	放送	ラジオ放送は、クリアに聞こえる。
	妨害	番組が次第では（音楽など）気にならない。少し間が空いたりすると気になる。
周波数 1602kHz	発生電界	66dBμV/m時
妨害レベル	22dBμV/m	
コメント：	放送	ラジオ放送は、クリアに聞こえる。
	妨害	番組が次第では（音楽など）気にならない。少し間が空いたりすると気になる。

弱電界発生時（48dBμV/m）

周波数 576kHz		
妨害レベル	22dBμV/m	
コメント：	放送	シャーというノイズが多いが音声は聞き取れる
	妨害	番組が次第では（音楽など）気にならない。少し間が空いたりすると気になる。
周波数 1602kHz		
妨害レベル	17dBμV/m	
コメント：	放送	シャーというノイズが多いが音声は聞き取れる
	妨害	番組が次第では（音楽など）気にならない。少し間が空いたりすると気になる。

ラジオ：A社A3

中電界発生時（66dBμV/m）

周波数	576kHz	
妨害レベル	25dBμV/m	
コメント:	放送	ラジオ放送は、多少シャーというノイズがあるが問題なく聞こえる。
	妨害	番組が次第では(音楽など)気にならない。少し間が空いたりすると気になる。
周波数	1602kHz	発生電界　66dBμV/m時
妨害レベル	26dBμV/m	
コメント:	放送	ラジオ放送は、多少シャーというノイズがあるが問題なく聞こえる。
	妨害	番組が次第では(音楽など)気にならない。少し間が空いたりすると気になる。

弱電界発生時（48dBμV/m）

周波数	576kHz	
妨害レベル	22dBμV/m	
コメント:	放送	シャーというノイズが多いく音声がこもっていて聞き取れない。
	妨害	番組が次第では(音楽など)気にならない。少し間が空いたりすると気になる。
周波数	1602kHz	
妨害レベル	17dBμV/m	
コメント:	放送	シャーというノイズが多いが音声はまだ聞き取れる。
	妨害	番組が次第では(音楽など)気にならない。少し間が空いたりすると気になる。

ラジオ：B社B1

中電界発生時（66dBμV/m）

周波数	576kHz	
妨害レベル	24dBμV/m	
コメント:	放送	ジャーというノイズがあるが音声は問題なく聞こえる。
	妨害	番組が次第では(音楽など)気にならない。少し間が空いたりすると気になる。
周波数	1602kHz	発生電界　66dBμV/m時
妨害レベル	26dBμV/m	
コメント:	放送	ジャーというノイズがあるが音声は問題なく聞こえる。
	妨害	番組が次第では(音楽など)気にならない。少し間が空いたりすると気になる。

弱電界発生時（48dBμV/m）

周波数	576kHz	
妨害レベル	21dBμV/m	
コメント:	放送	ジャーというノイズが多いく音声がこもっていて聞き取れない。
	妨害	番組が次第では(音楽など)気にならない。少し間が空いたりすると気になる。
周波数	1602kHz	
妨害レベル	17dBμV/m	
コメント:	放送	シャーというノイズが多いが音声はまだ聞き取れる。
	妨害	番組が次第では(音楽など)気にならない。少し間が空いたりすると気になる。

ラジオ：C社C1

中電界発生時（66dBμV/m）

周波数	576kHz	
妨害レベル	25dBμV/m	
コメント:	放送	ジャーというノイズがあるが音声は問題なく聞こえる。
	妨害	番組が次第では(音楽など)気にならない。少し間が空いたりすると気になる。
周波数	1602kHz	発生電界　66dBμV/m時
妨害レベル	22dBμV/m	
コメント:	放送	ジャーというノイズがあるが音声は問題なく聞こえる。
	妨害	番組が次第では(音楽など)気にならない。少し間が空いたりすると気になる。

弱電界発生時（48dBμV/m）

周波数	576kHz	
妨害レベル	23dBμV/m	
コメント:	放送	ジャジャジャというノイズが多いが音声は聞き取れる。
	妨害	番組が次第では(音楽など)気にならない。少し間が空いたりすると気になる。
周波数	1602kHz	
妨害レベル	17dBμV/m	
コメント:	放送	ジャジャジャというノイズが多いが音声は聞き取れる。
	妨害	番組が次第では(音楽など)気にならない。少し間が空いたりすると気になる。

H.5　試験のまとめ

WPT システムの試験装置から中波放送受信機への干渉影響の検討のために、中波放送受信機の基本性能について把握するために試験を行った。中波放送受信機の受信特性として、①AGC 特性、②オーディオ周波数特性、オーディオノイズフロア特性について、GTEM セルを用いた測定方法により確認した。また、参考試験として、聴感による妨害混入音の確認についても実施した。試験結果から、日本国内の市場に出回っている中波放送受信機の受信特性を把握できた。特に、オーディオノイズ特性に関しては、ほぼ全ての受信機で、ノイズレベルが「3.7　中波放送との共用検討」で議論している背景雑音レベルに比べて低いことが分かった。

付録Ｉ　2010 年版 ICNIRP ガイドラインへの適合性確認方法

2010 年に発行された国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）による低周波電磁界の人体防護ガイドライン（1998 年に発行された電磁界の人体防護ガイドラインの一部改訂版）については、情報通信審議会　情報通信技術分科会　電波利用環境委員会　電波防護指針の在り方に関する検討作業班において、この内容を反映した電波防護指針の改定作業が進められている。

そこで、本付録では、本報告書で対象としている WPT システムからの電磁界への人体ばく露が 2010 年版 ICNIRP ガイドラインへの適合性を確認するための方法を述べる。ただし、2010 年版 ICNIRP ガイドラインが対象としない、100 kHz 以上の熱作用に関する許容値については、引き続き現行の電波防護指針が適用されていると想定した。一方で、10 kHz 以上かつ 100 kHz 以下において、2010 年版 ICNIRP ガイドラインの基本制限値を満足する場合、現行の電波防護指針で規定されているの熱作用に基づく基礎指針値（全身平均 SAR と局所 SAR）を満足することが自明なため、10 kHz 以上かつ 100 kHz 以下については刺激作用に基づく指針値のみが適用されるとした。

また、100 kHz 以上かつ 10 MHz 以下において、2010 年版 ICNIRP ガイドラインの接触電流に関する参考レベルを満足する場合、現行の電波防護指針で規定されている接触電流に関する制限値を満足することが自明なため、2010 年 ICNIRP ガイドラインの接触電流に関する参考レベルのみが適用されるとした。

ICNIRP ガイドラインを採用している欧州各国等では熱作用に関する許容値については、1998 年版 ICNIRP ガイドラインが適用されるため、本付録による評価方法を適用することはできない。1998 年版 ICNIRP ガイドラインへの適合性評価方法については IEC 国際規格（5.5.3.1 節等を参照）に述べられている。

I.1　2010 年版 ICNIRP ガイドラインの概要

2010 年版 ICNIRP ガイドラインの基本制限及び参考レベルは、以下のとおり。

表 I.1-1　時間変化する電界及び磁界への人体のばく露に対する基本制限

ばく露特性	周波数範囲	体内電界(V m^{-1})
職業ばく露		
頭部の CNS 組織	1 Hz- 10 Hz	0.5 / f
	10 Hz – 25 Hz	0.05
	25 Hz – 400 Hz	2×10^{-3} f
	400 Hz -3 kHz	0.8
	3 kHz – 10 MHz	2.7×10^{-4} f
頭部と体部の全組織	1 Hz -3 kHz	0.8
	3 kHz – 10 MHz	2.7×10^{-4} f
公衆ばく露		
頭部の CNS 組織	1 Hz- 10 Hz	0.1 / f
	10 Hz – 25 Hz	0.01
	25 Hz – 1000 Hz	4×10^{-4} f
	1000 Hz -3 kHz	0.4
	3 kHz – 10 MHz	1.35×10^{-4} f
頭部と体部の全組織	1 Hz -3 kHz	0.4
	3 kHz – 10 MHz	1.35×10^{-4} f

注:
- f は周波数 (Hz)。

- 全ての値は実効値。
- 100 kHz より高い周波数範囲では、RF に特有な参考レベル
を追加的に考慮する必要がある。

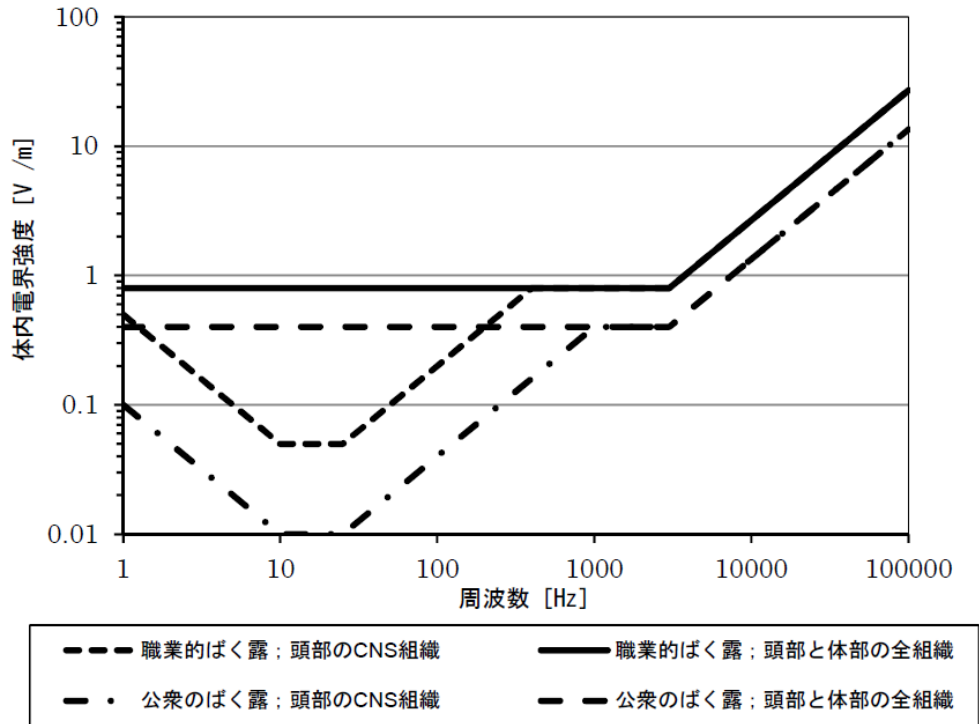



図 I.1-1 CNS 及び PNS への影響に係わる体内電界強度に基づく公衆ばく露と職業的ばく露に対する基本制限

表 I.1-2　時間変化する電界及び磁界への職業的ばく露に対する参考レベル（無擾乱、実効値）

周波数範囲	電界強度 E（kV m-1）	磁界強度 H（A m-1）	磁束密度 B（T）
1 Hz – 8 Hz	20	1.63×10^{5} / f2	0.2 / f^{2}
8 Hz – 25 Hz	20	2×10^{4} / f	2.5×10^{-2} / f
25 Hz- 300 Hz	5×10^{2} / f	8×10^{2}	1×10^{-3}
300 Hz – 3 kHz	5×10^{2} / f	2.4×10^{5} / f	0.3 / f
3 kHz – 10 MHz	1.7×10^{-1}	80	1×10^{-4}

注:
- f は周波数 (Hz)。
- 全ての値は実効値。
- 100 kHz より高い周波数範囲では、RF に特有な参考レベルを追加的に考慮する必要がある。

表 I.1-3　時間変化する電界及び磁界への公衆ばく露に対する参考レベル（無擾乱、実効値）

周波数範囲	電界強度 E（kV m-1）	磁界強度 H（A m-1）	磁束密度 B（T）
1 Hz – 8 Hz	5	3.2×104 / f 2	4×10-2 / f 2
8 Hz – 25 Hz	5	4×103 / f	5×10-3 / f
25 Hz- 50 Hz	5	1.6×102	2×10-4
50 Hz – 400 Hz	2.5×102 / f	1.6×102	2×10-4
400 Hz- 3 kHz	2.5×102 / f	6.4×104 / f	8×10-2 / f
3 kHz – 10 MHz	8.3×10-2	21	2.7×10-5

注:
- f は周波数 (Hz)。
- 非正弦波のばく露及び複数の周波数のばく露に関する助言は後述の別節を参照。
- 100 kHz より高い周波数範囲では、RF に特有な参考レベルを追加的に考慮する必要がある。

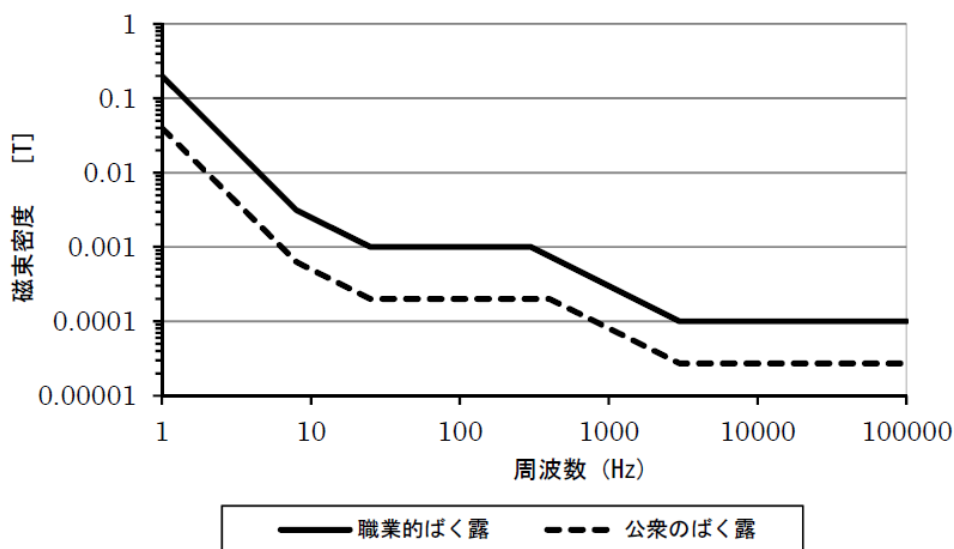



図 I.1-2　時間変化する磁界へのばく露に対する参考レベル

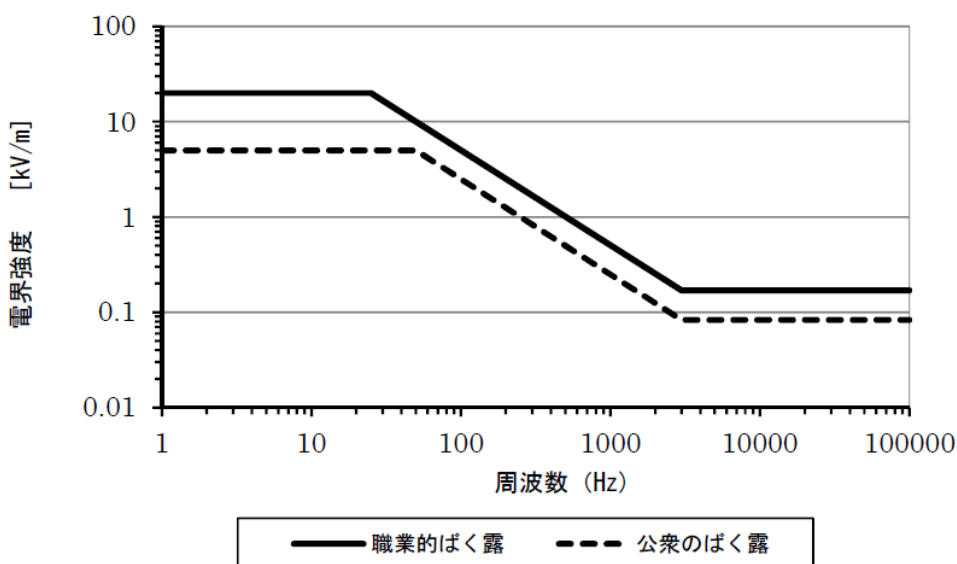



図 I.1-3　時間変化する電界へのばく露に対する参考レベル

刺激作用に基づくガイドラインは瞬時（典型的には 100μ秒以下）の生体反応を根拠としているが、ガイドラインは実効値で表示されており、評価対象の電磁界の周期以上にわたり平均されていることが想定されている。

I.2　WPT システムに適用すべきガイドライン

WPT システムに適用すべき指針値は、当該装置から発生する電波の特性、設置状態・使用条件等によって異なる。適用すべき指針値の基本的な考えを下記に示す。

□100 kHz 以上の周波数領域において、熱作用に基づく指針値（平均時間 6 分間）を適用する。

・10 kHz から 10 MHz までの周波数領域においては、刺激作用に基づくガイドラインを適用する。

・人体が電波放射源及び金属体から 20 cm 以上離れている場合には、外部電磁界について不均一又は局所的なばく露に関する補助指針による評価もしくは身体が占める空間における平均を適用できる。

□人体が電波放射源及び金属体から 20 cm 未満に近づく場合には、電磁界強度に関する参考レベルを入射電磁界強度の最大値に適用する。なお、電磁界強度に関する参考レベルを入射電磁界強度の最大値に適用するためには、電波放射源から 20 cm 未満の領域の入射電磁界を電磁界プローブで適切に測定できることが必要である。

□電界と磁界が 377Ω の関係にない近傍界ばく露条件では、電界と磁界のそれぞれの寄与による人体ばく露量（人体内誘導電界強度や局所 SAR）のピーク位置が同一場所にならない場合があり、そのような場合には、電界と磁界のそれぞれについて指針値を超えないことを確認する。ただし、電界と磁界のいずれかの影響が他方に比べて十分に小さい場合には、支配的な界についてのみ評価を行うことができる。その場合、評価を要しない電界又は磁界の影響を適合性評価における不確かさに含むこと。

□適用すべき指針値の平均時間にわたり電界強度又は磁界強度が変動する場合には、熱作用に基づく指針値（平均時間 6 分間）については、平均時間内で実効値の自乗平均平方根した値を指針値と比較する。刺激作用に基づくガイドラインについては、平均時間内で各周波数成分の指針値に対する比の総和が 1 を超えないことを確認するか、100kHz 以下の場合、2010 年版 ICNIRP ガイドラインで規定する重み付け平均が 1 を超えないことを確認する。

□電磁界が指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合には、熱作用に基づく指針値（平均時間 6 分間）については、各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求め、その総和が 1 を超えないことを確認する。刺激作用に基づくガイドラインについては、各周波数成分の指針値に対する比の総和が 1 を超えないことを確認するか、100kHz 以下の場合、2010 年版 ICNIRP ガイドラインで規定する重み付け平均が 1 を超えないことを確認する。

□接触ハザードが防止されていない場合には、接触電流に関する参考レベルを適用する。ただし、接触ハザードが主に電界の寄与により生じる場合で、公衆ばく露に関する電界強度の参考レベルを満足する場合、接触電流の測定は不要である。

□3 MHz 以上の周波数領域で非接地条件が満たされない場合には、電磁界強度指針の非接地条件が満たされない場合についての注意事項（注２）を適用するか、又は誘導電流に関する補助指針を適用する。

□電磁界強度指針又は参考レベルは電磁界の誘導・吸収が最大となるばく露条件を想定しているため、当該指針を超過していても直ちに防護指針に適合していないとはならない。そのため、電磁界強度指針又は参考レベルを満足していなくとも、防護指針の根拠となる基礎指針により即している局所吸収指針及び基本制限値を適用することで、防護指針への適合性を直接確認することができる。

□電界の影響が磁界の影響に比べて十分に小さく、かつ全身平均 SAR の適合性評価を行わなくとも体内誘導電界強度又は局所 SAR の適合性評価をもって安全性が確認できる場合には、磁界強度に対して国際規格 IEC 62311 で規定されている結合係数を用いた評価により、体内誘導電界強度に関する基本制限値又は局所 SAR に関する局所吸収指針への適合性を確認することができる。

次節以降において、各 WPT システムに適用すべき指針値を示す。なお、各 WPT システムで想定している電波の特性や設置・使用条件を逸脱する場合には、上記の基本的な考えに基づき、適切な指針値を適用する必要がある。

I.2.1　電気自動車用 WPT システム

100 kHz 未満の電波を利用するシステムと 100 kHz 以上の周波数を利用するシステムに二分される。これらのシステムでは適用すべき指針値が異なるため、I.2.2 及び I.2.3 において、それぞれの周波数領域の電波を利用するシステムについて適用すべき指針値を示す。

電気自動車用 WPT システム周辺の電界と磁界は 377 Ω の関係にない近傍界ばく露条件となるため、電界と磁界のそれぞれについて指針値への適合性を確認する必要がある。ただし、電気自動車用 WPT システムにおいては、外部電界による全身平均 SAR・局所 SAR・人体内誘導電界強度に関する寄与が外部磁界に対して十分に小さいため、電磁界強度指針の表中の電界強度に関する適合性評価を行わなくとも、磁界強度のみに関する適合性評価をもって安全性を確認できる。

電気自動車用 WPT システムは駐車場等に設置された送信コイルから駐車している車両に搭載された受信コイルに電力を伝送する。このため、送受信コイルは地面及び車両下部に設置されており、電力伝送時には送受信コイルの 20 cm 以内に人体が近接することはない。また、充電中の車体（金属体）から 20 cm 以内の場所に人体が長時間にわたり立ち入ることは想定されていない。さらに、数値計算による検討より、20 cm の距離での磁界強度空間平均値を磁界強度指針値と比較した場合に算出される最大許容電力が体内誘導電界強度を基本制限値と比較した場合に算出される最大許容電力よりも十分に小さいことを確認している。すなわち 20cm の距離での磁界強度空間平均値は十分に安全側の評価を与えることを確認している。したがって、電気自動車用 WPT システムに対しては、不均一又は局所ばく露に関する補助指針もしくは身体が占める空間における平均を適用することができる。なお、充電中の車内に乗車するような状況は本評価手順の対象外であり、当該自動車の安全設備の範疇で対処されなくてはならない。

電気自動車用 WPT システムは、充電場所である駐車場周辺で、隣接する車両等の非接地の金属体等が存在する可能性があり、接触ハザードが防止されているとはいえない。そのため、電気自動車用 WPT システムに対しては、接触ハザードが防止されていない場合に適用される接触電流に関する参考レベルを適用する必要がある。

電気自動車用 WPT システムで利用される電波の周波数は 3 MHz 未満であるため、非接地条件が満たされない場合の電磁界強度の注意事項（注２）や誘導電流に関する補助指針を適用する必要はない。

電気自動車用 WPT システムでは、単一の周波数を電力伝送に利用しているが、当該周波数以外にも高調波成分が発生する可能性があることから、当該周波数以外に指針値に対して無視できない複数の周波数が存在する場合には、熱作用に基づく指針値（平均時間 6 分間）については電磁界強度指針の注意事項（注４）を適用し、刺激作用に基づくガイドラインについては 2010 年版 ICNIRP ガイドラインで規定されている評価方法(各周波数成分の指針値に対する比の総和が 1 を超えないことを確認するか、100kHz 以下の場合、2010 年版 ICNIRP ガイドラインで規定する重み付け平均が 1 を超えないことを確認する。)を適用する。

電気自動車用 WPT システムは、地面付近に設置されているため、人体ばく露量（体内誘導電界強度や局所 SAR）のピークは下肢付近に現れる。したがって、局所吸収指針又は基本制限値を適用する場合には、四肢における指針値を適用する。

I.2.1.1　100 kHz 未満の電波を利用する電気自動車用 WPT システム

100 kHz 未満の電波を利用する電気自動車用 WPT システムに関しては、刺激作用に基づくガイドラインを適用する。したがって、適用すべき指針値は刺激作用に基づく体内誘導電界強度に関する基本制限値と接触ハザードが防止されていない場合に対する接触電流に関する参考レベルになる。

(1) 参考レベル
2010 年版 ICNIRP ガイドラインの磁界強度に関する参考レベルへの適合性を確認する。WPT システム周辺の磁界強度の最大値が 2010 年版 ICNIRP ガイドラインの磁界強度に関する参考レベルを超えている場合、人体を含む空間における平均値を用いることもできる
2010 年版 ICNIRP ガイドラインの接触電流に関する参考レベルへの適合性を確認する。

(2) 基本制限値
2010 年版 ICNIRP ガイドラインの体内誘導電界強度に関する基本制限値を対象とする。
体内誘導電界強度に関する 2010 年版 ICNIRP ガイドラインの基本制限値を満足する場合、2010 年版 ICNIRP ガイドラインの電磁界強度に関する参考レベルの評価は必要ない。また、外部磁界に対して結合係数を用いた評価を行うことで体内誘導電界強度に関する 2010 年版 ICNIRP ガイドラインの基本制限値への適合性を確認することができる。
接触ハザード時の体内誘導電界強度を評価しない場合、2010 年版 ICNIRP ガイドラインの接触電流に関する参考レベルへの適合性を確認する。

I.2.1.2　100 kHz 以上の電波を利用する電気自動車用 WPT システム
100 kHz 以上の電波を利用する電気自動車用 WPT システムに関しては、適用すべきガイドラインについての記述を省略する。

I.2.2　家電機器用 WPT システム①
家電機器用 WPT システム①は、100 kHz 以上の周波数の電波を利用しているため、熱作用に基づく指針値と刺激作用に基づくガイドラインの両方を評価する必要がある。
家電機器用 WPT システム①周辺の電界と磁界は 377Ω の関係にない近傍界ばく露条件となるため、電界と磁界のそれぞれについて指針値への適合性を確認する必要がある。
家電機器用 WPT システム①は、主に屋内でのモバイル端末への充電に使用され、場合によっては充電中のノート PC 等を使用者等が利用する可能性もある。したがって、家電機器用 WPT システム①に対しては、人体が 20 cm 未満に近接する可能性があることから、不均一又は局所ばく露に関する補助指針もしくは人体が占める空間における平均を適用できない。
家電機器用 WPT システム①は、充電場所である屋内で、隣接する什器等の非接地の金属体等が存在する可能性があり、接触ハザードが防止されているとはいえない。そのため、家電機器用 WPT システム①に対しては、接触ハザードが防止されていない場合に適用される 2010 年版 ICNIRP ガイドラインの接触電流に関する参考レベルを適用する必要がある。
家電機器用 WPT システム①は屋内で利用されるため、非接地条件は満足されているとみなせる。したがって、非接地条件が満たされない場合の電磁界強度の注意事項（注２）や誘導電流に関する補助指針を適用する必要はない。
家電機器用 WPT システム①では、単一の周波数を電力伝送に利用しているが、高調波成分も発生する可能性があることから、当該周波数以外に指針値に対して無視できない複数の周波数が存在する場合には、熱作用に基づく指針値（平均時間 6 分間）については電磁界強度指針の注意事項（注４）を適用し、刺激作用に基づくガイドラインについては 2010 年版 ICNIRP ガイドラインで規定されている評価方法（各周波数成分の指針値に対する比の総和が 1 を超えないことを確認する。）を適用する。
前述したとおり、家電機器用 WPT システム①は屋内の様々な場所に設置されているため、人体ばく露量（局所 SAR）のピークは人体の任意の部位に現れる。したがって、局所吸収

指針を適用する場合には、より安全側の評価となる四肢以外の任意の組織における指針値を適用する。

(1) 電磁界強度指針・補助指針及び参考レベル

電磁界強度指針の表 3 (a) の電界強度及び磁界強度に関する指針値への適合性を確認する。

2010年版 ICNIRP ガイドラインの電界強度及び磁界強度の参考レベルへの適合性を確認する。

2010年版 ICNIRP ガイドラインの接触電流に関する参考レベルへの適合性を確認する。

(2) 局所吸収指針及び基本制限値

全身平均SARの指針値及び四肢以外の任意の組織における局所SARの指針値を満足する場合、電磁界強度指針の表 3(a)の評価は必要ない。

2010年版 ICNIRP ガイドラインの体内誘導電界強度の基本制限値を満足する場合、2010年版 ICNIRP ガイドラインの電磁界強度に関する参考レベルの評価は必要ない。

接触ハザード時の体内誘導電界強度を評価しない場合、2010年版 ICNIRP ガイドラインの接触電流に関する参考レベルへの適合性を確認する。

家電機器用 WPT システム①では、小児の全身平均 SAR 及び局所 SAR が成人よりも大きくなる可能性がある。したがって、局所吸収指針による適合性評価を行う際には小児の SAR を考慮すること。

I.2.3 家電機器用 WPT システム②

家電機器用 WPT システム②に関しては、適用すべきガイドラインについての記述を省略する。

I.2.4 家電機器用 WPT システム③

家電機器用 WPT システム③は、100 kHz 以上の周波数の電波を利用しているため、熱作用に基づく指針値と刺激作用に基づくガイドラインの両方を評価する必要がある。

家電機器用 WPT システム③周辺の電界と磁界は377Ωの関係にない近傍界ばく露条件となるため、電界と磁界のそれぞれについて指針値への適合性を確認する必要がある。

家電機器用 WPT システム③は、主に屋内でのモバイル端末への充電に使用され、場合によっては充電中のノート PC 等を所有者等が利用する可能性もある。したがって、家電機器用 WPT システム③に対しては、人体が 20 cm 未満に近接する可能性があることから、不均一又は局所ばく露に関する補助指針もしくは身体が占める空間における平均を適用できない。

家電機器用 WPT システム③は、充電場所である屋内で、隣接する什器等の非接地の金属体等が存在する可能性があり、接触ハザードが防止されているとはいえない。そのため、家電機器用 WPT システム③に対しては、2010年版 ICNIRP ガイドラインの接触ハザードが防止されていない場合に適用される、接触電流に関する参考レベルを適用する必要がある。

※家電機器用 WPT システム③は、電界結合型のため、接触ハザードにおける磁界の寄与が無視できる可能性がある。その場合には、電界強度に関する参考レベルを満足していることで、接触ハザードが十分に防止されているとみなせるため、接触電流の評価は要しない。

家電機器用 WPT システム③で利用される電波の周波数は 3 MHz 未満であるため、非接地条件が満たされない場合の電磁界強度の注意事項（注２）や誘導電流に関する補助指針を適用する必要はない。

家電機器用 WPT システム③では、単一の周波数を電力伝送に利用しているが、高調波成分が発生する可能性があることから、当該周波数以外に指針値に対して無視できない複数の周波数が存在する場合には、熱作用に基づく指針値（平均時間 6 分間）については電磁界強度指針の注意事項（注４）を適用し、刺激作用に基づくガイドラインについては 2010 年版 ICNIRP ガイドラインで規定されている評価方法（各周波数成分の指針値に対する比の総和が 1 を超えないことを確認する。）を適用する。

家電機器用 WPT システム③は、屋内の様々な場所に設置されているため、人体ばく露量（局所 SAR）のピークは人体の任意の部位に現れる。したがって、局所吸収指針を適用する場合には、より安全側の評価となる四肢以外の任意の組織における指針値を適用する。

(1) 電磁界強度指針・補助指針及び参考レベル

電磁界強度指針の表 3（a）の電界強度及び磁界強度に関する指針値への適合性を確認する。

2010 年版 ICNIRP ガイドラインの電界強度及び磁界強度の参考レベルへの適合性を確認する。

2010 年版 ICNIRP ガイドラインの接触電流に関する参考レベルへの適合性を確認する。

(2) 局所吸収指針及び基本制限値

全身平均 SAR 及び四肢以外の任意の組織における局所 SAR の指針値を満足する場合、電磁界強度指針の表 3(a)の評価は必要ない。

2010 年版 ICNIRP ガイドラインの体内誘導電界強度の基本制限値を満足する場合、2010 年版 ICNIRP ガイドラインの電磁界強度に関する参考レベルの評価は必要ない。

接触ハザード時の体内誘導電界強度を評価しない場合、上記に加えて 2010 年版 ICNIRP ガイドラインの接触電流に関する参考レベルへの適合性を確認する。

I.3　ワイヤレス電力伝送において適用すべき指針値のパターン

WPT システムからの漏えい電波が人体に与える影響の評価を行う場合には、次節以降に示す適用すべき指針値のパターンのいずれかを満足すれば、電波防護指針に適合しているとみなせる。パターン①は最も簡便に評価できるが、人体の電波吸収量が最大となるばく露条件を想定しているため、過剰に厳しい評価となる。パターンの数字が大きくなるほど、より詳細な評価が必要になるが、より大きな電波ばく露量を許容することが可能となる。

灰色の網掛けのパターンについては、適合性評価方法が本報告書には記載されていない、又は現時点では結合係数を適用するための要件（電界影響が十分に小さく、全身平均 SAR 評価を省略できる）が満足されていないことを示している。今後、これらのパターンの評価が可能となる適正な工学的技術に基づいた方法が確立された場合、又は適用可能な要件を満足するシステムに限定できる場合には、これらのパターンに対する適合性確認も可能である。

I.3.1　電気自動車用 WPT システム

（100 kHz 未満のシステム）

人体が接触又は近接(20cm以内)したり、人体の一部が沿う受電コイル間に入る可能性:なし(又は極めて低い)					
接触ハザード			接触ハザードが防止されていない		
非接地条件			対象外		
評価方法の分類			パターン①	パターン②	パターン③
適用が考えられる指針値及び根拠となるガイドライン等の組合せ	SAR	全身平均SAR			
		局所SAR			
	体内誘導電界強度				基本制限値
	接触電流		接触電流に関する参考レベル	接触電流に関する参考レベル	接触電流に関する参考レベル ※2
	足首誘導電流				
	外部電界				
	外部磁界		電磁界強度に関する参考レベル ※1	結合係数による誘導電流密度	

※1:身体が占める空間における平均を適用可能

※2:接触ハザード時の体内誘導電界強度が基本制限値を上回ることがないことを確認する場合、接触電流に関する参考レベル適合性確認は省略できる。

(100 kHz 以上のシステム)

＜省略＞

I.3.2　家電機器用 WPT システム①

人体が接触又は近接(20cm以内)したり、人体の一部が沿う受電コイル間に入る可能性:あり					
接触ハザード			接触ハザードが防止されていない		
非接地条件			非接地条件が満たされている		
評価方法の分類			パターン①	パターン②	パターン③
適用が考えられる指針値及び根拠となるガイドライン等の組合せ	SAR	全身平均SAR			局所吸収指針
		局所SAR			局所吸収指針
	体内誘導電界強度				基本制限値
	接触電流		接触電流に関する参考レベル	接触電流に関する参考レベル ※2	接触電流に関する参考レベル ※2
	足首誘導電流				
	外部電界		電磁界強度指針表3(a) および 電磁界強度に関する参考レベル ※1		
	外部磁界		電磁界強度指針表3(a) および 電磁界強度に関する参考レベル ※1	結合係数による誘導電流密度 ※3	

※1:不均一ばく露に関する補助指針もしくは身体が占める空間における平均の適用不可

※2:接触ハザード時の体内誘導電界強度が基本制限値を上回ることがないことを確認する場合、接触電流に関する参考レベル適合性確認は省略できる。

※3:電界強度の影響が無視でき、全身平均SARの評価が不要の場合に限る

I.3.3　家電機器用 WPT システム②

＜省略＞

I.3.4　家電機器用 WPT システム③

人体が接触又は近接(20cm以内)したり、人体の一部が沿う受電コイル間に入る可能性:あり				
接触ハザード			接触ハザードが防止されていない	
非接地条件			対象外	
評価方法の分類			パターン①	パターン②
適用が考えられる指針値及び根拠となるガイドライン等の組合せ	SAR	全身平均SAR		局所吸収指針
		局所SAR		局所吸収指針
	体内誘導電界強度			基本制限値
	接触電流		接触電流に関する参考レベル	接触電流に関する参考レベル ※2
	足首誘導電流			
	外部電界		電磁界強度指針表3(a) および 電磁界強度に関する参考レベル ※1	
	外部磁界		電磁界強度指針表3(a) および 電磁界強度に関する参考レベル ※1	

※1:不均一ばく露に関する補助指針もしくは身体が占める空間における平均の適用不可
※2:接触ハザード時の体内誘導電界強度が基本制限値を上回ることがないことを確認する場合、接触電流に関する参考レベル適合性確認は省略できる。

I.4　WPT システムの適合性確認のための評価方法

I.4.1 電気自動車用 WPT システム

I.4.1.1 100 kHz 未満の電気自動車用 WPT システム

(1) パターン①

WPT システムにより充電している車体から 20cm の距離における磁界強度を測定し、2010 年版 ICNIRP ガイドラインの参考レベルよりも低いことを確認する。なお、身体が占める空間における平均を適用することもできる。その場合の空間平均値は大地面から 0.5m、1m、1.5m の 3 点の測定値の平均値とすることができる。磁界測定に関する基本的な要件は付録 E を参照すること。

次に、WPT システムにより充電している車体から 20cm の位置に非接地の金属板を設置し、接触電流を測定し、2010 年版 ICNIRP ガイドラインの接触電流に関する参考レベルよりも低いことを確認する。金属板は接触電流が最大となる方向に設置すること。金属板の寸法は 1.2 m×1.2 m 以上とし、大地面から 5 cm 以上離すこと。接触電流測定に関する基本的な要件は付録 F を参照すること。

(2) パターン②

WPT システムにより充電している車体から 20cm の距離における磁界強度を測定し、測定された磁界強度の最大値に結合係数を乗じ、2010 年版 ICNIRP ガイドラインの参考レベルよりも低いことを確認する。磁界測定に関する基本的な要件は付録 E を参照し、結合係数の求め方については付録 G を参照すること。

なお、電気自動車用 WPT システムの結合係数については、安全側の評価となるようにマージンを考慮した 0.05 を用いることもできる。

次に、WPT システムにより充電している車体から 20cm の位置に非接地の金属板を設置し、接触電流を測定し、2010 年版 ICNIRP ガイドラインの接触電流に関する参考レベルよりも低いことを確認する。金属板は接触電流が最大となる方向に設置すること。金属板の寸法は 1.2 m×1.2 m 以上とし、大地面から 5 cm 以上離すこと。接触電流測定に関する基本的な要件は付録 F を参照すること。

I.4.1.2 100 kHz 以上の電気自動車用 WPT システム
＜省略＞

I.4.2　家電機器用 WPT システム①
(1) パターン①
WPT システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の電界強度及び磁界強度を測定し、電磁界強度指針値の表 3 (a)の指針値及び 2010 年版 ICNIRP ガイドラインの電磁界強度の参考レベルよりも低いことを確認する。電界測定及び磁界測定に関する基本的な要件は付録 D 及び付録 E を参照すること。
次に、WPT システム周辺に非接地の金属板を設置し、接触電流を測定し、2010 年版 ICNIRP ガイドラインの接触電流に関する参考レベルよりも低いことを確認する。金属板の設置位置は人体が最も近接する所定の位置を含み、接触電流が最大となる方向に設置すること。金属板の寸法は 1.2 m×1.2 m 以上とし、大地面から 5cm 以上離すこと。接触電流測定に関する基本的な要件は付録 F を参照すること。

I.4.3　家電機器用 WPT システム②
＜省略＞

I.4.4　家電機器用 WPT システム③
現時点の検討状況では、磁界による接触ハザードへの寄与が無視できる場合にのみ評価手順が示されている。

(1) パターン①
WPT システムに人体が最も近接する所定の位置を含む領域の電界及び磁界強度を測定し、電磁界強度指針値の表 3 (a)の指針値及び 2010 年版 ICNIRP ガイドラインの電磁界強度の参考レベルよりも低いことを確認する。電界測定及び磁界測定に関する基本的な要件は付録 D 及び付録 E を参照すること。

付録Ｊ　距離換算に関する指針

放射電磁界強度の測定において、規定された距離とは異なる距離にて測定を行うことは、一定の条件のもとに国内外で認められてきた。これは、規定された距離では信号の強度が弱く十分なダイナミックレンジで測定できないなどの理由による。このとき、規定距離とは異なる距離で測定した値に一定の換算を行い、規定距離での測定値を推定する必要があり、これを距離換算という。

この距離換算の値（換算係数と呼ぶ場合もある）は、測定周波数、測定距離、測定周囲環境、対象機器の形状（特に大きさ）、測定方法によって違う値となる。このため規格により違う値が規定されており、電波法関係規則・告示でも統一されていないのが実態である。とりわけ 30MHz 以下の測定においては、測定距離がいわゆる近傍界領域にあたるため、測定条件を考慮して適用することが必要である。

ワイヤレス電力伝送システムを対象として、本答申に定める測定法を使用するとの前提で最も適切と考えられる距離換算値は、以下のとおりとすることが適当である。。

J.1 10 ｍ距離で規定された許容値を 3 ｍ距離に換算する場合の距離換算値

距離換算値の根拠として CISPR/B/587A/INF を引用し、以下の規定とする。

表 B.1 10 ｍ許容値を 3 ｍ許容値に換算するときの距離換算値

周波数帯（MHz）	10ｍ許容値を 3ｍ許容値に換算するときの距離換算値 dB
0.150 － 4	＋24.5
4 – 11	＋24.5 周波数の対数に対して直線的に減少 ＋10
11 － 1,000	＋10

なお、CISPR 11 では、3ｍ距離で測定して良い対象機器の大きさについては、ケーブルを含め直径 1.2m、高さ 1.5m の円柱形の試験体積に収まる小型装置に適用することとしている。